

Estudo de uma Nova Metodologia para Gestão de Energia em Edifícios – Aplicação à Iluminação e Motores Eléctricos

Pedro Sousa Marques

Relatório do Projecto Final / Dissertação do MIEM

Orientador na Edifícios Saudáveis: Engenheiro Ricardo Sá

Orientador na FEUP: Professor Armando Oliveira



FEUP

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

Fevereiro 2010

Resumo

O objectivo deste estágio foi de estudar e desenvolver a metodologia a usar, na prestação de serviços de gestão de energia, tendo sido realizado na empresa Edifícios Saudáveis Consultores, Lda.

A Edifícios Saudáveis é uma empresa que presta serviços na área da sustentabilidade e eficiência energética e qualidade do ambiente interior em edifícios.

As auditorias energéticas convencionais nem sempre se traduzem numa eficaz implementação das medidas necessárias identificadas. Na perspectiva da obtenção de resultados práticos mais significativos, torna-se necessário um maior acompanhamento da implementação dessas medidas por técnicos de gestão de energia.

A energia é, hoje em dia, um assunto de grande importância tanto numa perspectiva económica como ambiental. Torna-se assim, cada vez mais relevante a sua correcta utilização visto poder implicar custos elevados. É importante racionalizar o seu consumo para que a energia seja utilizada de forma eficiente. Assim, torna-se cada vez mais importante a correcta gestão da energia, de forma a evitar consumos excessivos, ou desnecessários, que se traduzem em gastos evitáveis. Porém, quando se fala em gestão de energia deve-se também ter em conta um factor não menos importante que os consumos em causa, o conforto do utilizador na execução da actividade em causa, pois é essencial, para uma correcta gestão da energia, que o utilizador possa executar a sua tarefa da forma mais eficiente possível, sendo pois, necessário, que se sinta confortável, o que se traduzirá em maior produtividade.

Numa fase inicial foi analisada a importância da eficiência energética em termos de sustentabilidade, realçando a noção de Energia e a sua transformação desde a sua fonte até ao consumo, apresentando-se alguns dados relevantes e demonstrativos da problemática que originou este estágio.

Depois foi abordada a área da iluminação e motores eléctricos, fazendo um enquadramento da tecnologia existente (nomeadamente equipamentos, dispositivos e metodologias de controlo) e referindo a sua relação com o consumo de energia em edifícios.

O conhecimento reunido ao longo do projecto foi aplicado a dois casos de estudo em edifícios edificio, de onde resultou uma análise energética relativa a iluminação e motores eléctricos, assim como medidas aplicáveis à instalação que permitirão um melhor aproveitamento da energia consumida nos edifícios.

Study of a new Methodology for Energy Management in Buildings Applied to Lighting and Electric Motors

Abstract

The purpose of this Project was the study and development of a new methodology for energy management. This project was carried at Edifícios Saudáveis Consultores, Lda.

Edifícios Saudáveis Consultores, Lda is a services provider company in energy efficiency and interior air quality in buildings.

Conventional energy audits don't always result in an efficient implementation of the identified measures to improve the buildings efficiency. Looking forward to obtaining better practical results, a closer follow up of the application of these measures, by energy management technicians, must be considered.

Nowadays, the energy issue is of great importance both in an economical as in environmental perspective. Thus, its correct use is much more relevant since it may carry high costs. It is important to rationalize its consumption in order to achieve an efficient use of energy. A correct energy management has great importance to prevent excessive consumptions that will result in avoidable costs.

Nevertheless, when referring to energy management, one must also take in consideration the comfort of user's performance of their tasks. In order to achieve greater productivity, the energy manager must assure the comfort of the user.

In an early stage, the importance of energy efficiency in a sustainable point of view was analyzed. The notion of Energy and its transformation, from the source to its consumption is presented, by the analysis of some relevant and demonstrative data concerning this study.

Afterwards, the lighting and electric motors technology and relation with a building's energy consumption is analyzed, specifically in matters of its equipment, controlling devices and methods.

The knowledge gathered during this project was applied in a case-study in a building. The energetic analysis of this case-study related to lightning and electric motors resulted in applicable measures that will allow a better energy management in the infrastructure.

Agradecimentos

Ao longo deste estágio senti um grande apoio por parte de várias pessoas. Aproveito este espaço para agradecer a todas elas.

A toda a equipa da Edifícios Saudáveis, que me recebeu de forma tão acolhedora e me fizeram sentir parte integrante do grupo, de entre os quais tenho que realçar todo o apoio e acompanhamento dados pelo Engenheiro Ricardo Sá e Filipe Rocha, sem os quais este projecto não teria sido possível, foi mesmo um grande prazer conhecê-los a todos. Este estágio permitiu-me passar por experiências que, quando comecei, não pensei vir a conhecer. Obrigado pela confiança depositada em mim, espero sinceramente ter ajudado e participado da vida desta equipa de forma proveitosa.

Ao Engenheiro Armando Oliveira, que me possibilitou fazer este estágio e pelo apoio dado.

Gostaria também de expressar um grande obrigado a toda a minha família. Ao meu pai e Gabriela que sempre me guiaram ao longo da minha vida e me aconselharam. Ao meu Avô e Avó, vocês sempre estiveram ao meu lado, nem que fosse por telefone ☺. Ao meu irmão, que sempre me apoiou fosse qual fosse a situação, não deixando de me relembrar o que realmente é importante, pelos telefonemas à hora de almoço, pelas paródias, pelas correcções e conselhos dados...ficam cá todos ☺. Resumindo, por uma vida inteira de grande amizade e apoio nos bons e maus momentos.

Finalmente, ao pessoal: Filipe Couto, Alexandre Gomes, Ricardo Silva, Luís Pina. Obrigado por todo o apoio dado ao longo destes anos, pelos bons momentos e experiências por que já passamos, umas correram bem, outras talvez não tão bem...mas o que interessa é que estivemos sempre juntos, pelo convívio e companheirismo e noites de GH. Um grande abraço!!!

Índice de Conteúdos

Lista de Figuras e Tabelas	11
Abreviaturas e Acrónimos	15
Nomenclatura.....	17
1. Introdução	19
2. Estado da Arte.....	25
3. Nova Metodologia	27
4. Iluminação	33
4.1. Conceitos Gerais.....	35
4.2. Tipos de lâmpada.....	41
4.2.1. Lâmpadas incandescentes.	41
4.2.2. Lâmpadas de descarga.....	44
4.2.3. Lâmpadas de Indução.....	50
4.2.4. LED's.....	51
4.3. Balastros.....	53
4.3.1. Magnéticos.....	53
4.3.2. Electrónicos.....	54
4.4. Métodos e técnicas de controlo para iluminação.....	57
4.4.1. Sensor de presença.....	60
4.4.2. Sensor luz natural.....	60
4.4.3. Controlo temporizado.....	61
4.4.4. Reguladores de fluxo.....	62
4.4.5. Gestão Técnica Centralizada	63
5. Motores Eléctricos	65
5.1. Conceitos Gerais.....	67
5.1.1. Motor de rotor em gaiola.....	68
5.1.2. Motor de rotor bobinado.....	69
5.2. Principio de funcionamento.....	71
5.3. Performance.....	72

5.3.1. Velocidade de rotação.....	72
5.3.2. Escorregamento.....	72
5.3.3. Rendimento.....	73
5.3.4. Factor de Potência.....	73
5.3.5. Factor de Carga.....	74
5.3.6. Perdas	75
5.4. Classificação CEMEP.....	77
6. Casos de Estudo	79
7. Conclusões	101
8. Referências.....	105
Anexos.....	107

Lista de Figuras e Tabelas

Figuras

Figura 1 – Degelo nos pólos devido ao aquecimento global (1979 – 2005)	19
Figura 2 – Sustentabilidade: Gestão de Recursos [2]	20
Figura 3 – Consumo de energia final por sector em 2007 [3]	21
Figura 4 – Composição da energia primária total fornecida no mundo [4]	22
Figura 5 – Consumos de energia eléctrica desagregados por utilização para sector de indústria e de serviços [2]	23
Figura 49 – Distribuição da energia por utilização, num edifício do sector de serviços [37]	27
Figura 6 – Fluxo Luminoso [18]	35
Figura 7 – Intensidade Luminosa [18]	36
Figura 10 – Luminância [17]	37
Figura 12 – Comparação do IRC para vários tipos de lâmpadas [23]	39
Figura 14 – Diagrama da Energia consumida por uma lâmpada incandescente [20]	42
Figura 16 – Componentes de uma lâmpada de descarga	44
Figura 17 – Componentes de uma lâmpada de descarga de vapor de Sódio	45
Figura 21 – Lâmpada de vapor de Sódio	48
Figura 24 – Lâmpada de indução	50
Figura 27 – Comparação das características de vários tipos de lâmpada	52
Figura 28 – Conjunto balastro e arrancador	53
Figura 30 – Balastro electrónico	55
Figura 31 – Exemplo de complementaridade entre sistemas de controlo de iluminação artificial e iluminação natural disponível.	57
Figura 32 – Influência de sombreamento (<i>Light Shelf</i>) na distribuição de luz natural numa sala	58
Figura 33 – Aproveitamento da iluminação natural por tubos de luz	59

Figura 34 – Exemplo de configurações de telhados para aproveitamento de iluminação natural	59
Figura 35 – Sensor de presença [17]	60
Figura 36 – Aplicação possível de um sensor de luz natural [20]	60
Figura 37 – Exemplos de temporizadores	61
Figura 39 – Exemplo de interface de uma GTC	63
Figura 42 – Constituição de um motor de indução trifásica [31]	68
Figura 43 – Rotor em gaiola [31]	69
Figura 45 – Curvas características de um motor	74
Figura 46 – Perdas de um motor [33]	75
Figura 47 – Classes de eficiência de motores eléctricos conforme EU/CEMEP [34]....	77
Figura 48 – Nova classificação de eficiência de motores [35]	78
Figura 52 – Densidade de potência por tipologia (edificio NET)	83
Figura 53 – Distribuição da Potência instalada por tipologia (edificio NET)	83
Figura 54 – Distribuição da Energia consumida em iluminação por tipologia (edificio NET)	84
Figura 55 – Distribuição da energia consumida por tipo de lâmpada (edificio NET)....	85
Figura 56 – Potência instalada no complexo hoteleiro	90
Figura 57 – Distribuição da potência total instalada por tipologia de uso	90
Figura 58 – Distribuição da potência total instalada por tipo de lâmpada	91
Figura 59 – Densidade de Potência no complexo hoteleiro	92
Figura 60 – Consumo estimado de Energia para o complexo hoteleiro	93
Figura 61 – Distribuição estimada dos Consumos de energia por tipologia de uso	93
Figura 62 – Distribuição da Energia consumida por tipo de lâmpada no complexo hoteleiro	94
Figura 63 – Densidade de Potência com instalação de LED's	96
Figura 64 – Distribuição de Energia consumida por hotel, com LED's	96
Figura 65 – Distribuição de energia por tipologia após a substituição de incandescentes por LED's (a situação actual está representada a tracejado)	97
Figura 66 – Estimativa do consumo de energia no complexo hoteleiro após aplicação das medidas sugeridas	99
Figura 67 – Consumo de energia no mundo	103

Tabelas

Tabela 1 – Temperatura de cor [24]	39
Tabela 2 – Tempo de vida de diferentes tipos de lâmpadas.	40
Tabela 3 – Principais características das lâmpadas incandescentes de filamento de tungsténio	42
Tabela 4 – Principais características de uma lâmpada de halogéneo [21, 25].....	43
Tabela 5 – Principais características das lâmpadas de sódio de baixa pressão [21, 25].	45
Tabela 6 – Principais características de lâmpadas fluorescentes.....	46
Tabela 7 – Principais características de lâmpadas fluorescentes compactas.....	47
Tabela 8 – Principais características de lâmpadas de sódio de alta pressão.....	48
Tabela 9 – Principais características de lâmpadas de vapor de mercúrio.....	48
Tabela 10 – Principais características de lâmpadas de vapor de mercúrio com iodetos metálicos.....	49
Tabela 11 – Principais características de lâmpadas de luz mista	50
Tabela 12 – Principais características de lâmpadas de indução	50
Tabela 13 – Principais características dos LED's	51
Tabela 14 – Distribuição de áreas por tipologia e potência instalada	81
Tabela 15 – Características dos equipamentos existentes no edifício NET	82
Tabela 16 – Densidade de potência, iluminância e energia por tipologia (edifício NET)	82
Tabela 17 – Energia primária e emissões de CO ₂ para o edifício NET, em iluminação	85
Tabela 18 – Substituição de lâmpadas instaladas por lâmpadas ECO	86
Tabela 19 – Instalação de um Sensor de iluminação natural.....	86
Tabela 20 – Instalação de reguladores de fluxo	87
Tabela 21 – Substituição de balastros magnéticos por electrónicos (A2), nas circulações e bar do edifício NET	87
Tabela 22 – Tabela resumo da aplicação das medidas identificadas ao edifício NET ...	88
Tabela 23 – Características dos principais equipamentos existentes no complexo hoteleiro.....	89
Tabela 24 – Energia primária e emissões de CO ₂ para o complexo hoteleiro em iluminação	95
Tabela 25 – Substituição de incandescentes por LED's	97
Tabela 26 – Substituição de balastros magnéticos por balastros electrónicos	98

Tabela 27 – Instalação de sensores de movimento nas circulações	98
Tabela 28 – Energia primária e emissões de CO2 para o complexo hoteleiro em iluminação após aplicação das medidas sugeridas.	99
Tabela 29 – Tabela resumo da aplicação das medidas identificadas no complexo hoteleiro.....	100

Abreviaturas e Acrónimos

ADENE – Agencia de Energia;

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers;

CEMEP - European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics;

CIBSE – Chartered Institute Building Service Engineering;

DGE – Direcção Geral de Energia;

IESNA – Illuminating Engineer Society of North America;

PRCE – Plano de Racionalização de Consumos;

PRS – Periodo de Retorno Simples;

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Termico dos Edifícios;

RGCE – Regulamento de Gestão de Consumo de Energia;

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios ;

URE – Utilização Racional de Energia;

Nomenclatura

t	Tempo, em s
Q	Quantidade de luz, em lm.s
Φ	Fluxo luminoso, em lm
I	Intensidade luminosa, em cd
w	ângulo sólido, em sterradiano
E	Iluminância, em lux
L	Luminância, em cd/m^2
S	Área de superfície, em m^2
P_n	Potência nominal, em W
U_n	Tensão nominal, em V
I_n	Corrente nominal, em A
φ	Ângulo de desfazamento, em rad
n	Velocidade do rotor, em rpm
n_n	Velocidade nominal, em rpm
n_s	Velocidade síncrona, em rpm
p	Número de pólos
f	Frequência, em Hz
s	Escorregamento
η	Rendimento
P	Potência activa, em W
P_u	Potência útil, em W
P_{total}	Potência total, em W
P_{mec}	Potência mecânica, em W
$P_{\text{eléctrica}}$	Potência eléctrica, em W
S_a	Potência aparente, em kVA
P_{ab}	Potência absorvida, em W

1. Introdução

A questão da energia deve ser uma preocupação de todos os dias, não podendo mais ser um problema eternamente adiável. Com efeito, o conceito de energia, sua origem, suas aplicações e a sua correcta utilização é hoje em dia uma questão de importância inegável que, se não for cuidada, poderá tornar-se insustentável.

Numa sociedade em que a dependência dos combustíveis fósseis é elevada (recurso cada vez mais escasso), tendo-se já verificado efeitos nefastos para o ambiente como alterações climáticas relevantes, ver exemplo na Figura 1 (o limite amarelo representa a extensão de gelo em 1979), tem-se constatado uma preocupação cada vez mais crescente em consumir a energia de forma racionalizada, reduzindo consumos desnecessários e adaptando os consumos à produção, de forma sustentada.



Figura 1 – Degelo nos pólos devido ao aquecimento global (1979 – 2005)

Para tal têm vindo a ser implementadas medidas para a aplicação de fontes renováveis de energia, de forma a corrigir os actuais padrões de consumo. Em Portugal, estas medidas são descritas nos decretos-lei 78/2006 e 80/2006.

No entanto, e embora as fontes de energia renováveis sejam de fundamental importância no percurso energético de uma sociedade, deve-se atender primeiramente à optimização dos consumos, ou seja, na correcta gestão da energia que consumimos.

A utilização racional de energia (URE) é essencial, e deve acompanhar, senão antecipar, a implementação de soluções renováveis em edifícios:

“A Energia mais barata é a que não se consome.”

O conceito de Sustentabilidade surgiu no final do século XX, associado à necessidade de encontrar soluções para os problemas ligados ao desenvolvimento económico, e pelo facto de este desenvolvimento ter que ter em conta o equilíbrio ecológico. Na sequência das assimetrias cada vez mais profundas entre pessoas, povos, países e regiões originadas pelo processo da globalização que nos afecta a todos à escala planetária, torna-se cada vez mais significativa a necessidade da adopção de uma filosofia mais “verde”.

O princípio de desenvolvimento sustentável tem por base o princípio de que o Homem deve consumir recursos de acordo com a capacidade de renovação desses recursos, de forma a evitar o seu esgotamento. Desenvolvimento sustentável é, assim, aquele que *“satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir as suas próprias necessidades.”* [1]

Apresenta-se na Figura 2 uma representação simbólica da Sustentabilidade ao nível da gestão de recursos naturais.

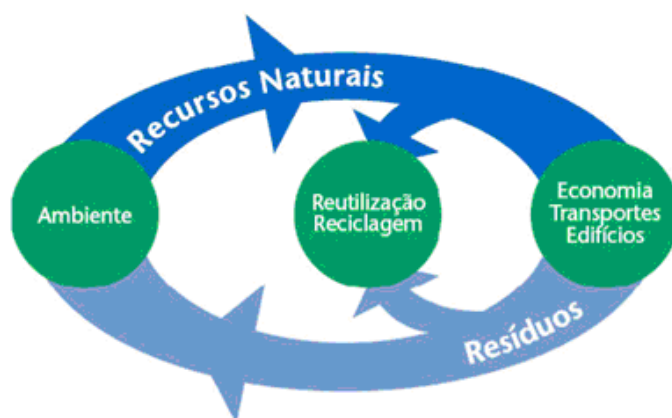


Figura 2 – Sustentabilidade: Gestão de Recursos [2]

O conceito de Energia não pode, actualmente, ser dissociado da sua origem, natureza ou estado, sob pena de se estar a fazer uma abordagem redutora, não contabilizando o impacto ambiental que a sua utilização provoca.

Em termos das fontes renováveis de energia consideram-se três fontes principais: Solar, Geotérmica e Gravitacional, sendo que estas estão disponíveis de acordo com os ciclos que a natureza determina.

A energia Solar contribui com a formação de biomassa, com o movimento das águas (ciclos pluviométricos, rios, e movimento dos oceanos) e para a formação de

ventos.

A energia Geotérmica produz calor irradiado do centro da Terra (em casos extremos, apresenta-se sob a forma de erupções vulcânicas: vulcões e géisers).

A energia Gravitacional tem influência nos ciclos climáticos da água (evaporação e chuvas), na actividade eólica, através da formação e deslocamento de massas de ar e ventos e actua também nos movimentos naturais dos oceanos.

No caso específico de edifícios, é dado especial realce a tecnologias de aproveitamento da energia solar, sob a forma de painéis fotovoltaicos ou colectores solares térmicos, que convertem, respectivamente, a energia solar em eléctrica e térmica; da energia Geotérmica, através do aproveitamento do calor irradiado pelo centro da Terra, e da energia eólica, sob a forma de pequenas turbinas aerogeradoras (micro-éolica).

Ainda há, no entanto, um longo caminho a percorrer na aplicação de energias renováveis, visto que a energia gerada a partir destas fontes representa ainda uma fracção residual de toda a energia necessária para cobrir os níveis de consumo mundial. A estratégia para a gestão eficiente da energia passa então pelo controlo apertado dos consumos e dos equipamentos instalados, não descurando a integração de tecnologias de aproveitamento das fontes de energia renováveis.

Estas, são de grande importância, havendo regulamentação legislativa para a sua inclusão em edifícios novos (*Decreto-Lei n.º 78/2006*), porém, antes de se considerar um investimento nestas tecnologias, devemos assegurar-nos de que a estratégia energética em vigor está optimizada para uma utilização sustentada e eficiente das diversas formas de energia envolvidas, normalmente Electricidade, Gás Natural e GPL. Estas formas de energia referem-se à que é entregue ao utilizador, definindo-se como Energia Final. Este conceito aproxima-se da forma tradicional de definir Energia. Os consumos de energia final por sector em Portugal são apresentados na Figura 3.

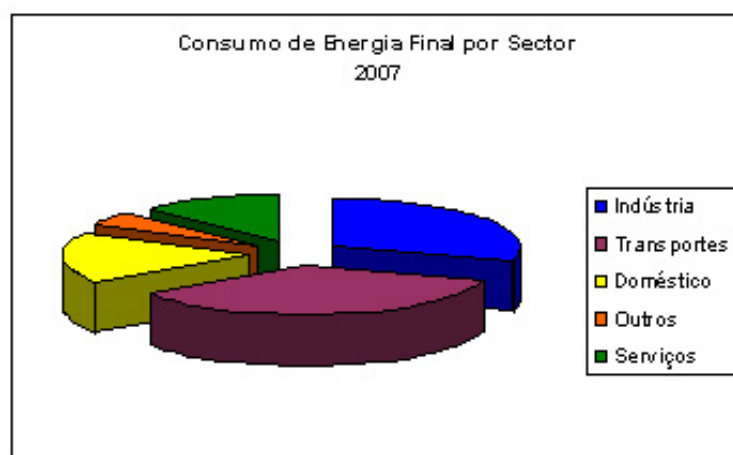


Figura 3 – Consumo de energia final por sector em 2007 [3]

O conceito de Energia Primária permite uma análise mais relevante, relacionando os consumos finais com a sua fonte. Esta análise permite aferir quanto ao

impacto que um tipo de energia terá no meio ambiente, e sua comparação com outras fontes, visto que os diferentes tipos de energia podem ser convertidos numa mesma “moeda” energética: o quilograma equivalente de petróleo (“kgep”).

O mesmo raciocínio pode ser utilizado para contabilizar o impacto de um tipo de energia em relação às emissões de CO₂. Na Figura 4 apresenta-se o gráfico referente à composição da energia primária total fornecida no mundo, sendo de referir a grande dependência dos combustíveis fósseis.

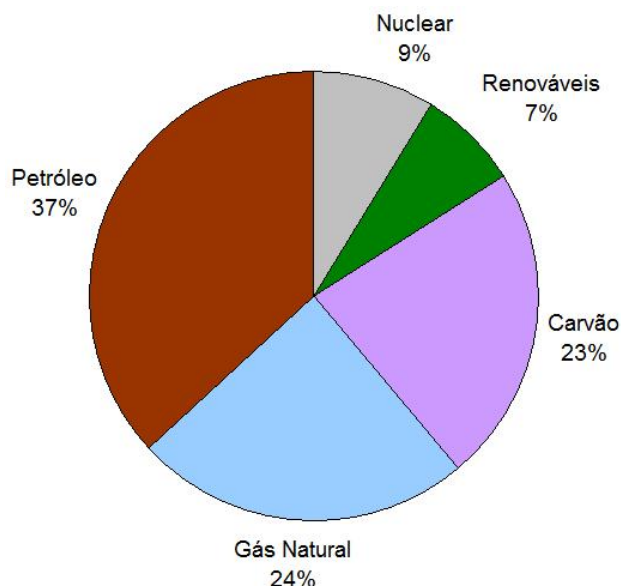


Figura 4 – Composição da energia primária total fornecida no mundo [4]

A gestão de energia num edifício tem como objectivo o de otimizar o consumo de energia tanto em termos financeiros, ambientais, operacionais e legislativos. Na União Europeia, os edifícios representam cerca de 40% dos consumos globais de energia [5].

Com efeito, os custos associados à energia podem ser uma parcela pequena nos custos globais, mas são uma parte significativa dos custos controláveis que podem facilmente se transformar em gastos desnecessários decorrentes do seu mau aproveitamento [6]. Em termos económicos, a redução da energia consumida facilmente se torna vantajoso face aos custos associados à sua má utilização, se a política energética não for alterada. Tal redução e controlo dos gastos pode permitir o investimento em tecnologia mais eficiente e mais adaptada aos consumos existentes, com tempos de retorno de investimento mais curtos.

Uma gestão correcta permite a identificação de padrões de consumo, dos tipos de energia em uso, da eficiência na sua conversão e utilização, actuando de forma a corrigi-los, identificando onde a energia está a ser consumida e de que forma.

As medidas aplicáveis à instalação, de acordo com prioridades estabelecidas, permitem a redução de desperdícios de energia e impactos ambientais, assim como dos custos em energia, em que um edifício incorre.

Estima-se que em 2010, o peso relativo à energia eléctrica seja de cerca de 71%

para edifícios de serviços, e de cerca de 43% para edifícios residenciais [5]. Na Figura 5 exemplifica-se a desagregação dos consumos de energia eléctrica em edifícios para o sector de indústria e terciário.



Figura 5 – Consumos de energia eléctrica desagregados por utilização para sector de indústria e de serviços [2]

São inúmeros os factores que contribuem para uma utilização racional e eficiente da energia, como por exemplo, a operação de equipamentos e das instalações, a tecnologia instalada, o comportamento dos utilizadores no edifício, entre outros.

O primeiro passo na avaliação do potencial de economia energética deve basear-se nos hábitos de consumo dos utilizadores no edifício, visto o consumo de energia estar intrinsecamente ligado ao utilizador. A identificação do perfil de consumo dos utilizadores é fundamental pois permite estabelecimento a prazo de objectivos a alcançar, assim como do caminho a seguir para a sua concretização.

A forma como a energia é utilizada é uma questão fulcral no processo de crescimento económico, tornando a questão da gestão energética, e por associação, da eficiência energética, imprescindível para alcançar os objectivos de um modelo energético ajustado às necessidades tanto de empresas como de particulares. O aumento da eficiência energética pode ser atingido tanto pela diminuição da intensidade energética total, em tep/€, como pelo aumento dos correspondentes resultados económicos, obtidos através de uma gestão cuidada dos recursos energéticos utilizados.

Porém, tal redução não se pode fazer às custas do conforto do utilizador. Deve-se reduzir os consumos, mas ter sempre em conta que necessitamos manter níveis mínimos recomendados para a correcta execução das tarefas, tais como níveis mínimos de iluminação ou temperaturas e humidade mínimas (estes níveis mínimos encontram-se disponíveis na ASHRAE ou em publicações da DGE ou normas como a EN 12464-1), assegurando condições de bem-estar, conforto e produtividade.

O papel do Gestor de Energia é o de tornar uma instalação mais eficiente, consumindo menos, tendo sempre em mente os níveis recomendados de conforto dos ocupantes.¹

¹ Em 1984, um relatório da Organização Mundial para a Saúde sugeriu que em cerca de 30% dos edifícios novos e remodelados se verificaram situações de dores de cabeça, irritação das vias respiratórias, náusea, dificuldades de concentração, entre outros, o “*Sick Building Syndrom*”. Estas situações ocorrem

Para tal, a empresa deverá formar o futuro gestor para que este possa fazer o seu trabalho de forma correcta e rápida. Esta formação tenderá a englobar vários campos, como iluminação, motores, sistemas de aquecimento/arrefecimento, ventilação, isolamento de edifícios, ar condicionado, e deverá também incidir na documentação necessária à prática da actividade de gestão de energia, como plantas de projectos, que permitem uma análise em back-office que possibilita a identificação mais rápida de irregularidades, como densidades elevadas ou, por exemplo, má distribuição de circuitos que não permitem um controlo adequado ao utilizador.

O gestor deverá ser uma pessoa com olhar crítico, no sentido da identificação rápida dos parâmetros necessários à gestão de energia, e com o conhecimento técnico adequado. Isto só é possível após um estudo prévio intensivo, no caso deste trabalho, em iluminação e motores eléctricos, que se reflectirá posteriormente em campo. Foram analisados estes sistemas energéticos vistos serem responsáveis, por cerca de 89% para o sector da indústria, e cerca de 69% para o sector de serviços, dos consumos em edifícios.

O gestor tem que ser capaz de, face a uma instalação, perceber o seu funcionamento, identificar irregularidades que possam influenciar o correcto funcionamento, assim como as necessidades dos utilizadores servidos pelo sistema em análise. O gestor tem, assim, que ter o conhecimento adequado em termos das potências envolvidas e de questões técnicas (como controlo do sistema em causa, ou procedimentos operativos), das características físicas do sistema (tipo de equipamento, eficiência, etc.), análise dos dados fornecidos ou recolhidos, e das medidas aplicáveis, comprovadas, que permitam uma melhor eficiência energética [8]. Este conhecimento permitirá ao gestor ir para o terreno tendo uma visão global da instalação e do seu funcionamento, que será complementado pelo acompanhamento ao longo do tempo, permitindo ao gestor a definição de planos de acção que se transformarão em aumento da eficiência energética, diminuição de consumos, correcção de hábitos de consumo, tendo particular atenção ao conforto do utilizador.

O objectivo deste projecto foi o de iniciar a formação de um gestor de energia, de forma a ser possível a aplicação dos conhecimentos adquiridos. Para tal foi necessária formação em iluminação e motores eléctricos, assim como formação nas boas práticas recomendadas. Os conhecimentos adquiridos ao longo do projecto foram depois aplicados no terreno, a dois casos de estudo. Será feita uma abordagem inicial aos diferentes tipos de equipamento existentes, do controlo a que estes estão sujeitos, de seguida será apresentada a metodologia e objectivos da gestão de energia. A concretização dos casos de estudo permitirá uma análise às instalações, e a determinação de medidas de eficiência energética, com vista à redução de consumos, permitindo concluir quanto aos resultados desta nova metodologia para gestão de energia em edifícios.

devido à conjugação nefasta de temperatura, humidade, iluminação inadequada, assim como devido a problemas na qualidade do ar interior, como contaminantes químicos ou biológicos, ou devido a ventilação insuficiente [7].

2. Estado da Arte

Para analisar a situação energética de um edifício procede-se à auditoria energética. Esta tem como propósito identificar onde a energia está a ser utilizada e identificar oportunidades de poupança de energia [9].

As auditorias são normalmente efectuadas por amostragem, em zonas mais relevantes, visto os custos inerentes que a auditoria implica serem elevados. O auditor é uma pessoa com experiência que dispõe de pouco tempo para efectuar um diagnóstico energético, podendo ver-se obrigado a descurar alguns pormenores que podem ter influência na instalação. Após este diagnóstico é normalmente produzido um relatório onde são identificados os pontos de consumo mais relevantes e apresentadas algumas medidas que levarão a uma melhor eficiência energética e menores consumos, assim como a apreciação da instalação face às “*Best Practices*” recomendadas.

O auditor, após a produção do relatório não volta a deslocar-se à instalação auditada, não havendo um acompanhamento posterior que permita acompanhar as medidas sugeridas, ficando ao cuidado do cliente a sua aplicação e verificação.

O papel do gestor de energia é o de fazer não só a auditoria, identificando pontos de consumo, equipamentos e possíveis poupanças, mas também o de acompanhar a evolução da instalação, assegurando-se de que as medidas aplicáveis que possam melhorar o desempenho do edifício são de facto aplicadas, e de forma correcta. Este acompanhamento permite também ao gestor de energia efectuar uma auditoria contínua que reflecta completamente o estado energético do edifício, visto não ter que efectuar a auditoria apenas nas zonas mais relevantes, e ao longo do tempo, visto o comportamento de um edifício ser diferente por exemplo no Verão e no Inverno. Deste modo, o gestor energético pode definir um plano de acções adequado às necessidades. Este acompanhamento evolui no final para a gestão de energia.

O gestor de energia tem de criar e manter o interesse pela conservação da energia a todos os níveis. Tem de estar ciente do impacto que as suas acções podem ter nos ocupantes do edifício, pois o seu objectivo é o de criar condições para a melhoria da eficiência energética do edifício, assegurando-se de que questões como o bem-estar e segurança não são postos em causa, e elevando a preocupação com a energia a um nível superior ao conforto pessoal [8].

Sendo o gestor de energia uma pessoa com pouca experiência que vai tomar em mãos uma instalação, ele necessita inicialmente de uma formação adequada que lhe permita poder movimentar-se à vontade na instalação. O gestor de energia deve receber

formação quanto a noções relativa aos diferentes sistemas energéticos, quanto a equipamentos e seu controlo, quanto às boas práticas recomendadas e parâmetros relativos ao conforto do utilizador.

O gestor de energia deve ter em mente as condições climáticas onde o edifício se encontra, as soluções técnicas de projecto a nível da envolvente e dos diversos sistemas energéticos, factores que condicionam respectivamente as necessidades energéticas e os níveis de consumo correspondentes à satisfação dos níveis de conforto ambiental exigidos [10].

Para que estes níveis sejam respeitados foram criados um conjunto de documentos regulamentadores de carácter horizontal, como o Regulamento de Gestão de Consumo de Energia (RGCE), de carácter específico para as características técnicas mínimas à qualidade da envolvente do edifício, como o Regulamento das Características de Comportamento Termico dos Edifícios (RCCTE), e para a concepção dos sistemas energéticos de climatização, o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE).

A gestão de Energia permite:

1. Reduzir a factura energética, através de economias de energia e da gestão de outros encargos como a potência.
2. Diminuir custos relativos à substituição e reparação de equipamentos através da execução de planos de acção (programas de manutenção)
3. Obter um melhor funcionamento dos sistemas e equipamentos
4. Evitar/reduzir emissões de poluentes

O objectivo da gestão de energia é o de assegurar que os custos associados à utilização da energia sejam minimizados, enquanto que a qualidade dos serviços prestados é mantida ou até melhorada.

3. Nova Metodologia

A Energia, enquanto meio que permite dar satisfação às necessidades criadas pelo desenvolvimento socioeconómico, desempenha um papel fundamental nas economias, devendo por isso, ser utilizada de forma eficiente e racional. A gestão de energia é um meio para atingir objectivos de produtividade e competitividade nas empresas de todos os sectores da actividade económica [36], e objectivos ambientais, tais como a redução de emissões de gases de efeito de estufa, nomeadamente, o dióxido de carbono. Num edifício do sector de serviços, a energia distribui-se como exemplifica a Figura 6.

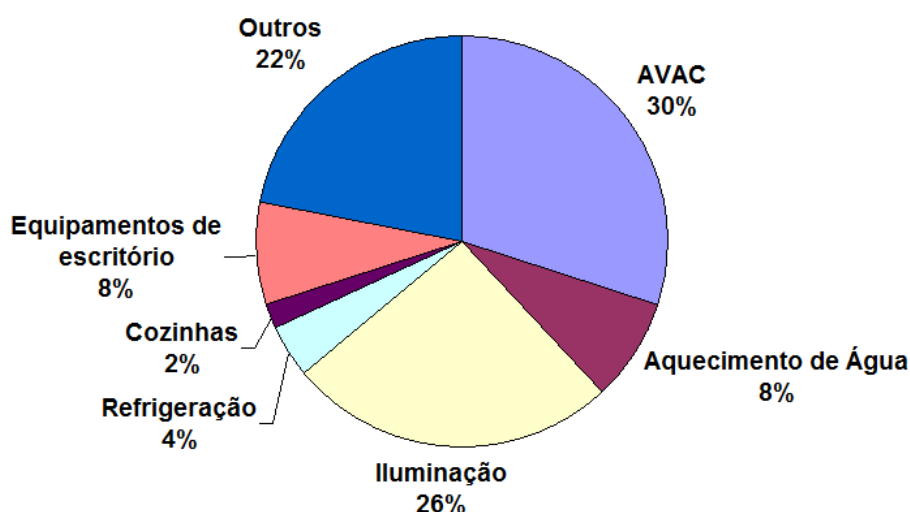


Figura 6 – Distribuição da energia por utilização, num edifício do sector de serviços [37]

A gestão de energia deve ser iniciada na fase de projecto das instalações, com a escolha de equipamentos e formas de energia a consumir, devendo optar-se por soluções de maior eficiência energética, que represente menores consumos e custos de exploração. Estima-se que uma boa gestão energética permite reduzir os consumos em cerca de 15 a 20% [38].

A gestão de energia deve evoluir para um acompanhamento ao longo do tempo. Sendo um processo continuado e indispensável no quotidiano de qualquer empresa, é necessário desenvolver, junto dos industriais e responsáveis técnicos, a implantação sistemática de actos de gestão de energia, nas empresas, em particular, nos subsectores em que os potenciais de poupança de energia são maiores, de forma a caminhar para

uma utilização racional da energia.

O gestor deve, face a uma instalação, fazer um diagnóstico da situação energética da instalação, desenvolvendo, depois, um conjunto de medidas aplicáveis, discutidas com a administração da empresa, e o acompanhamento da implementação destas medidas. Estas medidas podem ser de teor correctivo, ou seja, medidas com vista a correcção de situações de mau aproveitamento energético, e de teor replicativo, ou seja, o gestor deve ser capaz de identificar situações de bom aproveitamento energético, de forma a poder replicá-los na instalação em análise, ou em outras instalações pelas quais seja responsável, (*Benchmarking*).

A metodologia a aplicar para uma gestão de energia deve permitir dar respostas a algumas questões principais:

- Conhecer os consumos de energia: através do conhecimento ou identificação dos sistemas energéticos mais relevantes existentes na instalação;
- Contabilizar os consumos de energia: saber quanto está a ser consumido, em que equipamentos e de que forma a energia é utilizada;
- Dispor de dados para decidir: através do conhecimento de boas práticas recomendadas, estando a par de avanços tecnológicos que permitam maior eficiência;
- Agir para otimizar: estabelecendo planos de acção com vista à optimização da instalação, do ponto de vista da eficiência energética;
- Garantir o conforto do utilizador: através do conhecimento de valores recomendados em normas ou outras publicações.

Para satisfazer estes aspectos, o método de gestão de energia deve permitir:

- Medição e valorização da energia consumida: através de medições periódicas e parciais ou instalação de contadores, de forma a poder identificar os pontos de consumo mais relevantes, e a sua evolução;
- Quantificação da energia consumida e do seu custo;
- Análise de situações existentes, em termos de consumos, que permitam a redução destes;
- Avaliação e acompanhamento da aplicação das medidas identificadas, e dos investimentos em eficiência energética;

A aplicação de qualquer metodologia de gestão de energia deve passar por uma primeira fase – Diagnóstico dos Sistemas Energéticos. Este diagnóstico, além de determinar um conjunto importante de dados e parâmetros energéticos (contabilidade energética), deve fornecer um conjunto de dados correspondente ao ponto de partida para o controlo e estabelecimento de metas para o processo de gestão. Para o

estabelecimento deste diagnóstico, deve, numa primeira fase, proceder-se à recolha de dados da instalação, do seu funcionamento, dos seus consumos. Para tal, é efectuada uma auditoria energética. O gestor deverá visitar a instalação, recolhendo assim estes dados. A auditoria é, pois, uma ferramenta para o gestor identificar os pontos de consumo, e equipamentos instalados, podendo depois analisar a instalação em termos de *Benchmarking*, ou seja, fazendo uma comparação com as melhores práticas na indústria que conduzem a um desempenho superior. O *Benchmarking* é visto como um processo positivo e pró-activo por meio do qual uma empresa examina como outra realiza uma função específica a fim de melhorar a forma como realizar a mesma ou uma função semelhante.

Antes de iniciar a auditoria energética, o gestor deve estar em posse do máximo de informação possível, tanto a nível da instalação como dos sistemas energéticos instalados, e dos conceitos técnicos por trás do seu funcionamento. Tal permitir-lhe á rentabilizar o seu tempo através, por exemplo, da definição dos sistemas energéticos mais relevantes a analisar, assim como perceber o funcionamento da instalação.

Durante a auditoria, o gestor de energia poderá identificar situações de bom ou mau aproveitamento de energia, medidas a aplicar para melhorar a eficiência da instalação ou replicar situações de eficiência na instalação. Após o tratamento dos dados recolhidos, o gestor poderá analisar as medidas identificadas durante a sua deslocação na instalação e de outras medidas possíveis de serem aplicadas, analisando a sua consequente redução de consumos, aferir quanto às condições de conforto do utilizador, assim como da posição da instalação face às recomendações existentes, por exemplo, na ASHRAE 90.1.

Apresentam-se, de seguida, os principais passos na realização de uma auditoria energética:

- Identificação do tipo de equipamentos instalados e sua utilização (tipo de lâmpadas, de luminárias, de motores, de chillers, caldeiras, entre outros, assim como equipamentos auxiliares instalados);
- Caracterização geral destes equipamentos (potência, tensão, corrente, eficiência);
- Caracterização do tipo de controlo (caracterização do tipo de espaço, do zonamento existente, controlo propriamente dito (manual ou automático (temporizado, horário, controlo de temperatura, existência de variadores de frequência));
- Estimativa do número de horas de funcionamento (através de entrevista, identificação de “*set-points*” de controlo, através de sensores).

A metodologia para a realização de uma auditoria energética é apresentada na Figura 50.



Figura 7 – Metodologia para a realização de uma Auditoria Energética [10]

A gestão deve ser um processo iterativo, que assegure a aplicação das medidas identificadas, durante ou após a auditoria, e a sua verificação, analisando os resultados obtidos, as condições de utilização da energia, aferindo quanto à aplicabilidade de novas medidas ou instalação de outros equipamentos mais eficientes. O gestor deverá elaborar relatórios periódicos em que dê conta da evolução da instalação, em termos dos seus consumos, do tipo de energia consumida na instalação, de características de operação dos diversos sistemas, das medidas identificadas, hierarquizando e quantificando estas, para que a administração possa decidir quanto à sua aplicação. O relatório deve incluir uma previsão, baseada em medições ou cálculos efectuados, dos consumos em que a instalação incorrerá com a aplicação das medidas sugeridas, permitindo, assim, comparar a evolução face aos objectivos traçados. O gestor deve assegurar que são feitas medições periódicas e relativas a cada ponto de consumo (*“Sub-metering”*), pois terá, assim, menor erro na contabilização da energia em causa, do que se o procedimento adoptado se basear em estimativas. Tal pode ser feito através da gestão técnica centralizada. Este acompanhamento permitirá ao gestor identificar os subsectores de maior consumo, podendo, assim, actuar sobre eles de forma a alcançar uma maior eficiência energética no edifício.

O organigrama seguinte apresenta uma nova metodologia para aplicação de um programa de gestão de energia.

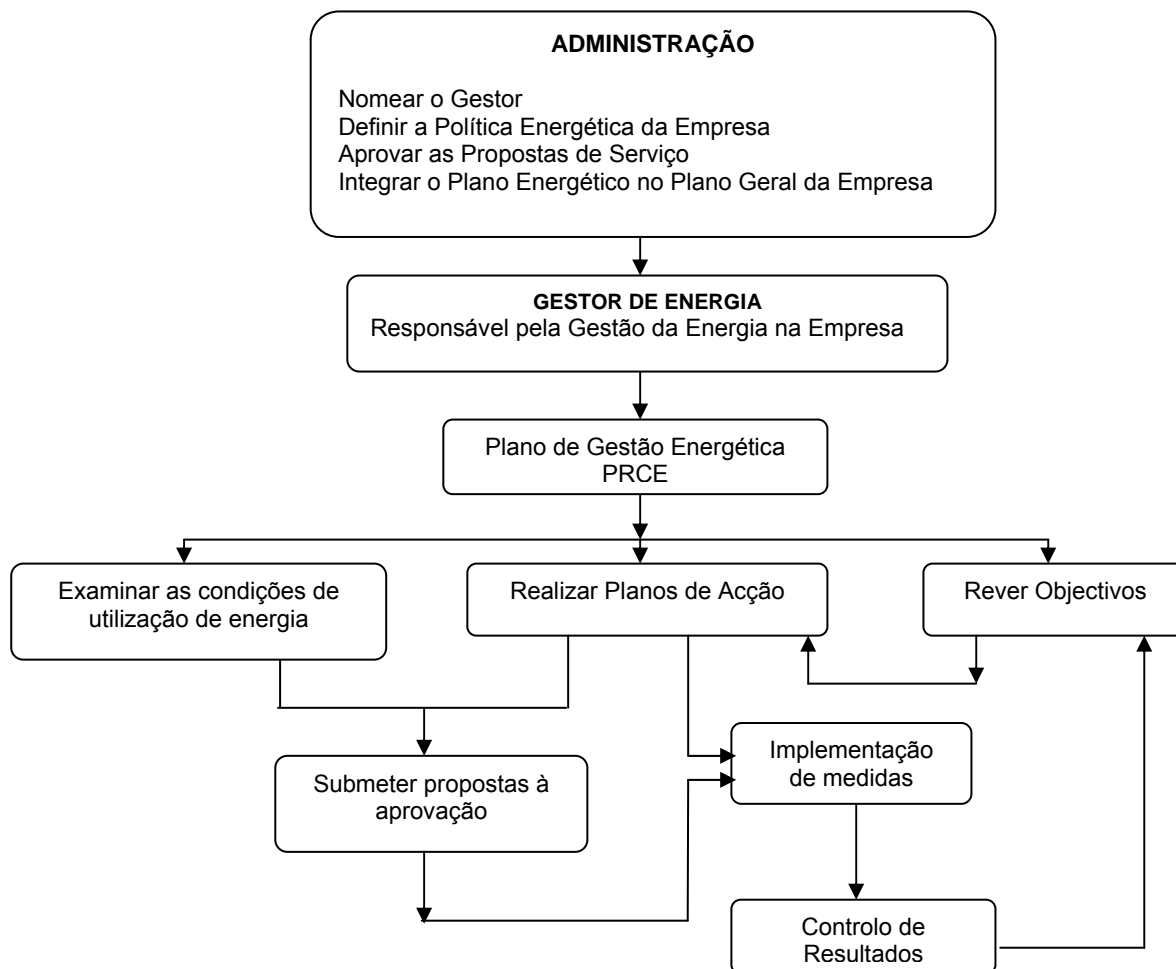


Figura 8 – Organograma de nova metodologia para a Gestão de Energia [39]

Um programa de gestão de energia, após estabelecimento de responsabilidades para a condução das diversas fases do processo, passa pelo levantamento energético e tratamento dos dados recolhidos, pela análise dos termos de contrato de fornecimento de energia (visto estes muitas vezes não serem os adequados para as necessidades envolvidas), pela definição das prioridades para aplicação das medidas de racionalização de energia estabelecidas após o levantamento energético, pelo estabelecimento de um Plano de Racionalização de Consumos de Energia¹ (PRCE) com vista à redução destes consumos, que deve ser realizado em estreita colaboração com a administração. O gestor deve, de seguida, acompanhar a aplicação das medidas

¹ Normalmente efectuado para um período de 3 ou 5 anos.

definidas no PRCE, monitorizar e controlar os resultados, assim como os termos de contratação energética, que podem ter sido alterados, de forma a poder corrigir eventuais desvios e avaliar o impacto dessas medidas na instalação. A nova metodologia aparece, assim, nesta fase, com o acompanhamento da implementação das medidas identificadas, e no controlo dos resultados daí decorrentes, num processo de melhoria contínua da situação energética da instalação.

O estabelecimento do plano de racionalização de consumos de energia consiste na escolha das acções, entre as propostas após auditoria, de acordo com uma análise técnico-económica, sendo consideradas as que apresentem maior viabilidade económica (em termos de investimento ou período de retorno simples) de acordo com os parâmetros estipulados pela administração, e no estabelecimento da sequência para aplicação destas medidas. Esta hierarquização é, normalmente, efectuada com base na poupança conseguida, e no tempo de retorno do investimento.

O gestor deve ter em conta que a ordem pela qual as medidas de utilização racional de energia são aplicadas não é indiferente. Com efeito, é possível que, em certos casos, algumas das soluções estabelecidas deixem de ser interessantes, ou tenham menos interesse, por terem sido analisadas independentemente e não serem aplicadas na sequência certa. Deverá, assim, ser feita uma análise cuidada, de forma a definir a sequência de aplicação de medidas da forma mais benéfica para a instalação. Uma hierarquização das medidas cuidada permite maximizar os benefícios decorrentes das medidas identificadas.

A gestão de energia, quando feita de forma correcta, tem como principais benefícios [36]:

- Redução da factura energética;
- Aumento da eficiência dos sistemas energéticos a nível micro e macroeconómico;
- Aumento da competitividade nos mercados internos e externos;
- Conhecimento mais profundo das instalações e do custo energético associado;
- Contribuição para a redução dos impactes negativos sobre o ambiente, provocados pela utilização de energia;
- Contribuição para o desenvolvimento de iniciativas de eficiência energética;
- Contribuição para um melhor planeamento de custos e ajuste de orçamentos;
- Imagem/marketing da empresa, clientes ou funcionários podem identificar-se mais com uma empresa que tenha preocupações ambientais, ou com a problemática do consumo racional de energia.

4. Iluminação

A luz é um elemento importante e indispensável no dia-a-dia e como tal a preocupação com a qualidade da iluminação é fulcral. É, porém, um tema complexo de abordar, devido à grande variedade de equipamentos existentes no mercado.

A tecnologia associada a sistemas de iluminação tem vindo a ser desenvolvida de forma a melhorar a qualidade da iluminação, o que tem espelhado a crescente preocupação com o bom aproveitamento da energia consumida, procurando fontes mais económicas e eficientes, sem que isto signifique a diminuição dos seus atributos. É de referir que a fonte luminosa mais barata é a iluminação natural, não devendo ser desprezada [10, 11].

A luz tem influência comprovada tanto no desempenho das actividades em questão, como no estado emocional e bem-estar dos seres humanos [11, 12]. Torna-se, pois, imprescindível o conhecimento da luz disponível, das alternativas existentes, assim como o controlo e qualidade da iluminação.

Uma iluminação desadequada traduz-se em gastos desnecessários, tanto em termos do investimento efectuado como dos consumos. As situações mais comuns de encontrar neste tipo de situações são:

- Iluminação em excesso;
- Falta de aproveitamento da iluminação natural;
- Uso de equipamentos com baixa eficácia luminosa;
- Operação diferente da projectada;
- Falta de controlo adequado das luminárias;
- Ausência de manutenção;
- Hábitos de uso inadequados;

Visto a energia ser uma grandeza medida, por exemplo em *kWh*, ou seja, o produto entre uma unidade de potência e uma unidade de tempo, torna-se relevante para uma correcta gestão da energia e eficiência energética, a redução destes dois parâmetros. O controlo efectuado ao nível da iluminação tem como objectivo a diminuição do seu tempo de funcionamento, ou da intensidade da mesma, evitando assim, desperdício de energia, o que se traduz numa redução do custo.

O dimensionamento adequado da potência de iluminação a instalar permite a

redução da densidade de potência instalada, índice importante para a avaliação da eficiência energética da instalação. A densidade de potência é medida em W/m^2 e os valores limite recomendados para diferentes tipos de espaço podem ser encontrados em diversas publicações [11, 13].

4.1 – Conceitos Gerais

Em termos de iluminação, devemos considerar algumas grandezas, sendo as principais [10, 11,14,15,16, 17]:

- Fluxo luminoso;
- Intensidade luminosa;
- Iluminância;
- Luminância
- Eficácia luminosa;

Estas grandezas permitem caracterizar a instalação, os consumos e quantificar a eficiência da instalação.

- O **Fluxo Luminoso** (Φ) é a quantidade de luz emitida em todas as direcções por uma fonte luminosa durante um segundo, deve ser medido após as primeiras 100 horas de funcionamento, altura em que atinge o seu valor de funcionamento estável. Tem como unidade o **lúmen** (lm). Podemos calcular a quantidade de luz (Q em lm.s) emitida por uma fonte luminosa através da equação

$$Q = \Phi \cdot t \quad (1)$$

A Figura 9 exemplifica o conceito de fluxo luminoso.

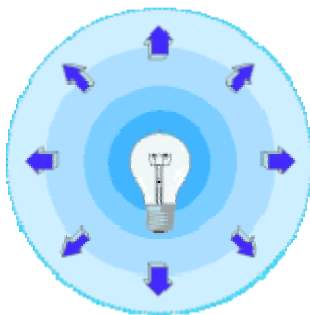


Figura 9 – Fluxo Luminoso [18]

- A **Intensidade Luminosa** (I) é o fluxo luminoso irradiado numa dada direcção. De uma forma geral, as fontes luminosas não emitem igualmente em todas as direcções. É, assim, necessário conhecer a intensidade luminosa em cada direcção. Para melhor compreender esta grandeza é necessário ter a noção de ângulo sólido¹ presente. A unidade SI utilizada para a intensidade luminosa é o **candela** (cd), e é dada pela equação:

¹ O ângulo sólido, w , define-se como a relação entre a área (A) do sector desejado e o quadrado do raio (r): $w=A/r^2$. É medido em sterradiano.

$$I = \Phi / w \quad (2)$$

A Figura 10 exemplifica o conceito de intensidade luminosa.

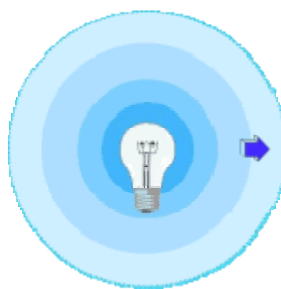


Figura 10 – Intensidade Luminosa [18]

- A **Iluminância** (E) é a quantidade de luz dentro de um ambiente. Pode ser medida através de um luxímetro (célula fotoelétrica sobre a qual se faz incidir o fluxo luminoso – Figura 9). A sua unidade SI é o **lux**¹. Um lux corresponde à iluminância de uma superfície plana de um metro quadrado de área, sobre a qual incide perpendicularmente um fluxo luminoso de um lúmen. Como o fluxo luminoso depende da direcção em causa, a iluminância não é igual para os vários pontos da área em questão. Baseado em estudos e pesquisas já efectuadas, foram definidos níveis mínimos recomendados de iluminância². Os valores recomendados de iluminância são apresentados em anexo. A Figura 8 exemplifica o conceito de iluminância.



Figura 12 – Luxímetro [19]

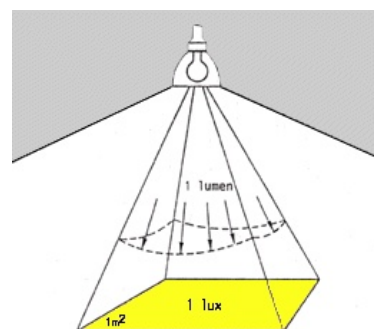


Figura 11 – Iluminância [18]

¹ Um lux equivale a um lúmen/m².

² Estes valores podem ser encontrados, por exemplo, na norma NF EN 12464-1, Junho 2003.

- A **Luminância** (L) é a intensidade luminosa produzida ou reflectida por uma superfície existente. A distribuição da luminância no campo de visão das pessoas dentro da área (luminárias, janelas, tecto, paredes, piso e superfície de trabalho), deve ser considerada como complemento à determinação das iluminâncias (lux) do ambiente, a fim de evitar ofuscamentos. É dada pela equação:

$$L = I / S \quad (3)$$

A Figura 13 exemplifica o conceito de luminância, associado a iluminância.

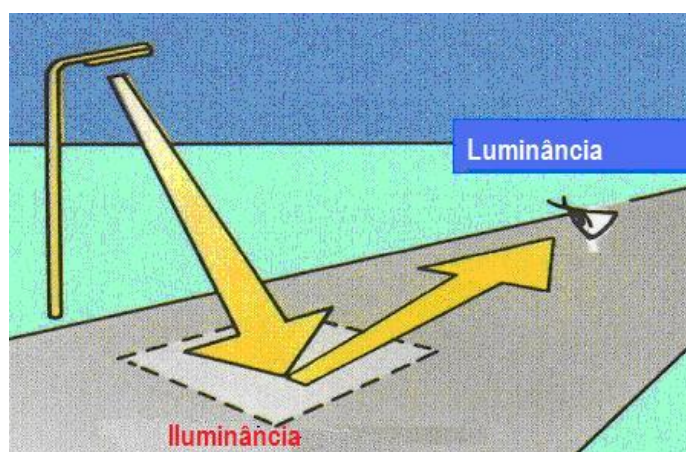


Figura 13 – Luminância [17]

- A **Eficácia Luminosa** é calculada pelo quociente entre o fluxo luminoso, em lúmens, e a potência consumida pela lâmpada, em Watt. É uma das grandezas utilizadas para a selecção de fontes luminosas a utilizar em instalações. Representa a quantidade de luz que uma fonte luminosa consegue produzir com uma determinada potência eléctrica consumida, e tem como unidade o lúmen por Watt (lm/W). De referir que nem toda a energia eléctrica consumida por uma lâmpada se converte em luz visível. Uma parte perde-se, ou sob forma de calor, ou de radiação não visível (infravermelha ou ultravioleta). Para termos uma ideia da quantidade de energia útil define-se o rendimento luminoso ou eficácia luminosa. Quanto maior for a eficácia melhor será a lâmpada e menos energia consumirá. Teoricamente, o seu valor máximo será de 683 lm/W [20]. A Figura 11 representa a eficácia luminosa média para vários tipos de lâmpada.

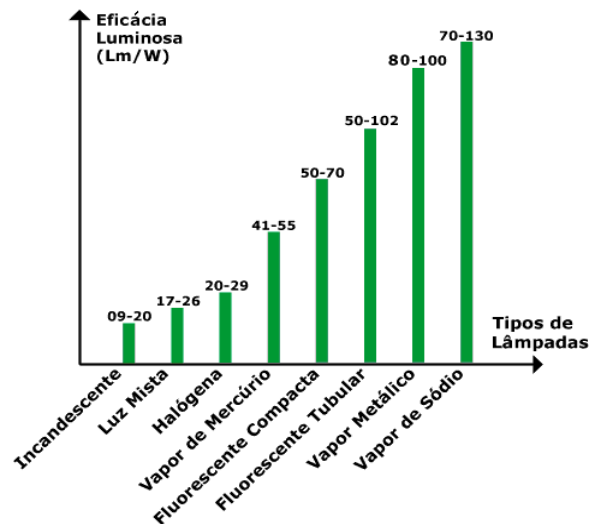


Figura 14 – Eficácia Luminosa de vários tipos de lâmpada

Com estes conceitos em mente, podemos analisar as características de uma fonte luminosa. Consideram-se três principais parâmetros [14, 21]:

- Índice de restituição de cor;
- Temperatura de cor;
- Tempo de vida.

O conhecimento destes parâmetros é de grande importância, pois têm grande influência no aspecto geral do espaço iluminado, podendo ter um efeito dramático em tarefas visuais [12]. A redução de consumos de energia eléctrica em iluminação passa pela utilização de lâmpadas de elevada eficácia luminosa, tendo estes parâmetros, que ser bem analisados para a realização de uma escolha criteriosa, que não prejudique a qualidade da iluminação [22].

- O **índice de restituição de cor** (IRC) traduz a forma como a luz reproduz as cores dos objectos. É um factor imprescindível para a escolha da fonte luminosa (visto ter um grande impacto na tarefa a executar, e na criação de um ambiente agradável que contribui para o aumento da produtividade do utilizador), e expressa-se na forma de um número entre 0 e 100. Aconselha-se o maior IRC possível. A Figura 15 apresenta uma comparação, por tipos de lâmpadas, do índice de restituição de cor.

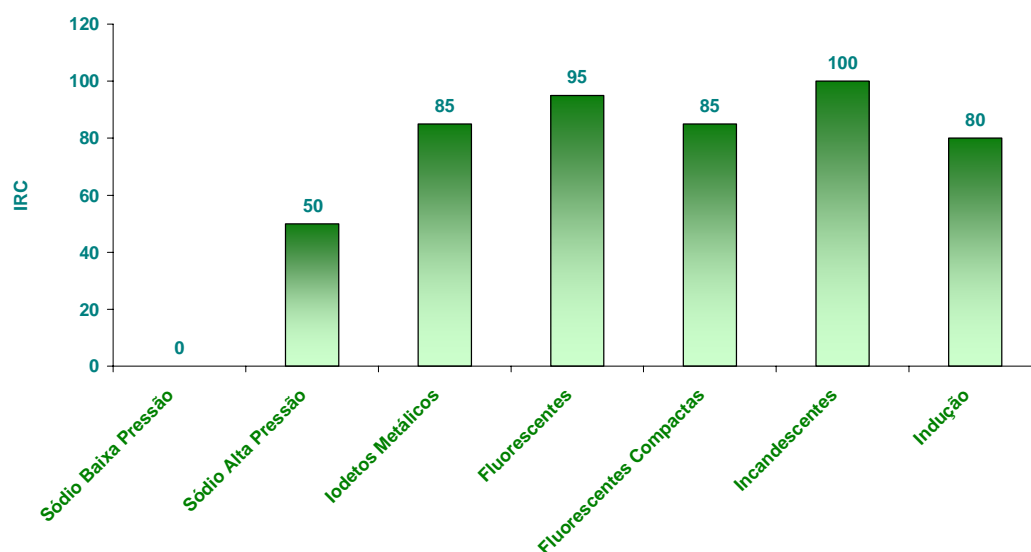


Figura 15 – Comparação do IRC para vários tipos de lâmpadas [23]

- A **temperatura de cor** representa a aparência de cor da luz emitida pela fonte de luz, é medida em Kelvin (K). A luz branca que uma lâmpada produz pode variar desde tonalidades quentes a frias, em função das sensações psicológicas que transmite ao utilizador. Quanto mais alta a temperatura de cor mais clara será a tonalidade de cor da luz. De notar que os termos luz quente ou fria não se referem ao calor físico da lâmpada, mas sim à tonalidade de cor que ela apresenta ao ambiente. Assim, luz com tonalidade de cor mais suave torna o ambiente mais relaxante e confortável, enquanto que uma luz de tonalidade mais clara torna o ambiente mais estimulante¹.

A Tabela 1 apresenta algumas temperaturas de cor, e as suas aplicações mais apropriadas.

Tabela 1 – Temperatura de cor [24]

Temperatura de cor	Quente	Branca	Neutra	Fria	Luz do dia
Escala Kelvin	2700 K	3000 K	3500 K	4100 K	5000K
Efeitos associados e relação com o humor	Quente, aconchegante	Amigável, íntimo	Amigável, convidativo	Limpo, arrumado, eficiente	Brilhante, alerta
Aplicações	Restaurantes, Lobbies de Hotel, Boutiques, Residências	Bibliotecas, Escritórios, Lojas	Áreas de recepção, Escritórios, Livrarias	Escritórios, Salas de conferência, Salas de aula, Hospitais	Galerias, Museus, Joalherias

¹ A temperatura de cor recomendada para locais de trabalho situa-se entre os 4000 K e 6500 K.

- O **Tempo de Vida** de uma lâmpada é o tempo em horas até que se verifique uma depreciação de cerca de 25% do fluxo luminoso da lâmpada (outras definições baseiam-se no período durante o qual cerca de 50% das lâmpadas falha). É afectada por factores como o número de ciclos On/Off, a tensão a que está sujeita, à temperatura do meio envolvente e presença de vibrações. Em conjunto com a eficácia luminosa, é uma das principais características a ter em conta quanto à eficiência de um sistema de iluminação tanto em fase de projecto como para possíveis remodelações. A Tabela 2 apresenta o tempo de vida para diferentes tipos de lâmpada.

Tabela 2 – Tempo de vida de diferentes tipos de lâmpadas.

Tecnologia	Tempo de vida (horas)
Incandescente convencional	1000 - 2000
Incandescente halogéneo	2000 - 4000
Fluorescente Tubular	7500 - 24000
Fluorescente Compacta	10000 - 20000
Vapor mercúrio	16000 - 24000
Sódio baixa pressão	14000 - 18000
Sódio alta pressão	16000 - 24000
Iodetos metálicos	6000 - 20000
LED	40000 - 100000

4.2 – Tipos de lâmpada

As lâmpadas podem ser agrupadas em cinco categorias, dependendo a classificação, do princípio de funcionamento da fonte luminosa [14]. Assim, distinguem-se lâmpadas:

1. Incandescentes;
2. Descarga;
3. Indução;
4. LED's (Light Emitting Diode)

4.2.1 Lâmpadas Incandescentes

O princípio de funcionamento das lâmpadas incandescentes baseia-se no fenómeno de incandescência, consiste na passagem de corrente por um filamento que, aquecido até à incandescência emite luz visível e calor – Figura 13. Este filamento está protegido numa ampola de vidro que contem no seu interior um gás inerte (árgon, cripton, nitrogénio, etc.) ou vácuo (para potências baixas, abaixo de 40W) que tem por finalidade retardar a sublimação do tungsténio. Actualmente, feito em tungsténio pelas boas características que apresenta (eficiência, preço, resistência a temperaturas altas), é a grande causa da reduzida vida útil destas lâmpadas.

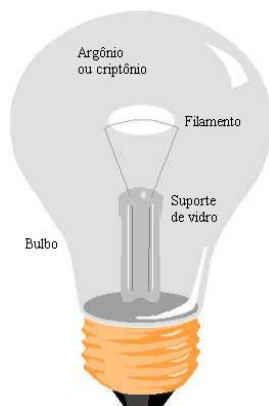


Figura 16 – Lâmpada incandescente de filamento de tungsténio

Inserem-se nesta categoria as lâmpadas de filamento de tungsténio convencional e as de halogéneo. Embora em ambos os casos, o filamento seja de tungsténio, diferem a nível do gás contido na ampola.

4.2.1.1 Lâmpadas de filamento de tungsténio

É o tipo de lâmpada mais vulgarmente encontrado no mercado. Esta abundância deve-se ao baixo preço de aquisição e à grande variedade de aplicações. São as lâmpadas menos eficientes, apresentando eficácias baixas, entre 1 e 10 lm/W, visto que apenas cerca de 10% da energia consumida é transformada em radiação visível, sendo a grande maioria dissipada sob a forma de calor, Figura 17

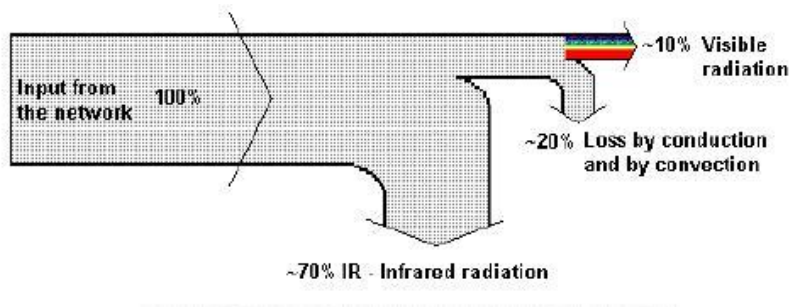


Figura 17 – Diagrama da Energia consumida por uma lâmpada incandescente [20]

Apresentam um IRC de 100, o que as torna aconselháveis para aplicação em situações em que a restituição de cor seja um factor dominante, e permitem a regulação de fluxo através de potenciômetros. Têm como principais aplicações residências, lojas, vitrinas, galerias e museus.

A Tabela 3 apresenta um resumo das principais características deste tipo de lâmpadas.

Tabela 3 – Principais características das lâmpadas incandescentes de filamento de tungsténio

IRC	100
Tª de cor	2700 K – 3400 K
Eficácia	1 - 10 lm/W
Vida útil	1000 h
Potência	15 W – 200 W

De referir que este tipo de lâmpadas está a ser retirado do mercado, visto terem sido proibidas através da criação de uma directiva europeia¹, em vigor desde Setembro de 2009. Prevê-se a abolição total deste tipo de lâmpada em 2012.

¹ Directiva Europeia 2005/32/EC.

4.2.1.2 Lâmpadas de halogéneo

Estas lâmpadas têm o mesmo princípio de funcionamento que as lâmpadas incandescentes convencionais. A diferenciação é feita a nível do gás contido na ampola: gás halogéneo (Bromo, Iodo, Flúor). Têm um rendimento superior (em cerca de 30%), e um tempo de vida superior. Com efeito, as moléculas do filamento de tungsténio que se desprendem com o aquecimento são capturadas pelo composto halogéneo. Assim, quando o composto fornecido pelo halogéneo e o tungsténio se aproxima do filamento a alta temperatura, é dissociado, depositando de novo a molécula de tungsténio sobre o filamento, promovendo assim, a sua regeneração, evitando-se o escurecimento da ampola, e aumentando o seu tempo de vida. É necessário ter em atenção a posição de funcionamento da lâmpada. A Figura 15 apresenta duas lâmpadas de halogéneo, a da esquerda, do tipo cápsula, a da direita com reflector.

As lâmpadas de halogéneo necessitam uma ampola resistente a temperaturas mais altas (vidro duro ou quartzo fundido), têm menores dimensões devido à inserção do gás halogéneo e necessitam de cuidados especiais no seu manuseamento, visto a humidade natural da pele, em contacto com a ampola criar pontos de resistência mais elevada, que implica um aquecimento superior nesses pontos, o que diminui o tempo de vida das lâmpadas.



Figura 18 – Lâmpadas de halogéneo

As suas principais aplicações são em projectores, luzes de automóveis, sinais de trânsito e iluminação de palcos. A Tabela 4 apresenta as principais características deste tipo de lâmpada.

Tabela 4 – Principais características de uma lâmpada de halogéneo [21, 25]

IRC	100
Tª de cor	2700 K – 3200 K
Eficácia	15 - 25 lm/W
Vida útil	2000 h - 4000 h
Potência	5 W – 2000 W

4.2.2 Lâmpadas de Descarga

O princípio de funcionamento destas lâmpadas baseia-se na condução de corrente eléctrica num meio gasoso, quando nos seus eléctrodos é aplicada uma tensão elevada capaz de vencer a rigidez dieléctrica do meio. A Figura 19 apresenta uma lâmpada de descarga.

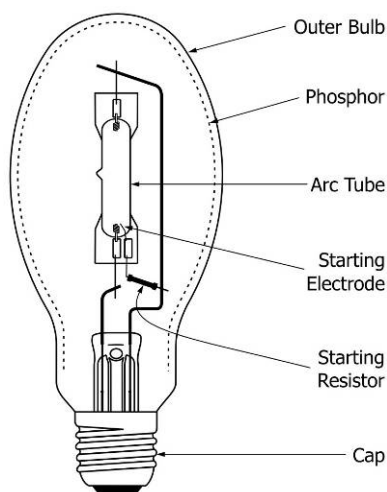


Figura 19 – Componentes de uma lâmpada de descarga

A lâmpada de descarga é composta, genericamente, por um tubo de descarga contendo um gás ou vapor metálico e dois eléctrodos. Quando uma tensão é aplicada aos eléctrodos dá-se a ionização do gás, devido à excitação de electrões, criando um fluxo de corrente eléctrica originada pela descarga eléctrica do gás. Este tipo de lâmpada necessita de equipamento auxiliar para o arranque, arrancador, que gera uma tensão elevada, de forma a ionizar o gás. Esta sobre-tensão pode ser diminuída pelo aquecimento prévio dos eléctrodos.

Estas lâmpadas necessitam de equipamento auxiliar para o seu correcto funcionamento (tanto no arranque como na sua operação). O arrancador permite a criação do arco eléctrico, após o qual a resistência eléctrica diminui. Torna-se necessário a instalação de um balastro, que limitará esta resistência, para que não ocorra um curto-circuito, mantendo o arco em funcionamento.

São, habitualmente, divididas em duas categorias, baixa pressão e alta pressão, de acordo com a pressão a que o gás se encontra no interior do tubo [14,15, 17, 20].

4.2.2.1 Lâmpadas de descarga de baixa pressão

As lâmpadas de baixa pressão podem ser subdivididas em:

- Vapor de Sódio;
- Vapor de Mercúrio (fluorescentes);
- Fluorescentes Compactas.

4.2.2.1.1 Vapor de Sódio (SOX)

Nestas lâmpadas, é colocada uma pequena quantidade de Sódio (Na) num tubo de vidro com gás Néon e Árgon. Estes gases servem para activar o arco eléctrico que é formado entre os eléctrodos colocados nas extremidades do tubo. Durante o aquecimento inicial da lâmpada, o Sódio vaporiza passando a emitir luz visível. O tubo onde se forma o arco é dobrado na forma de um longo "U" e montado dentro de outro tubo maior, que forma o corpo da lâmpada, Figura 20. Estas lâmpadas constituem a fonte de luz mais eficiente entre todas as lâmpadas (consumo de energia / iluminação produzida), sendo por este motivo essencialmente utilizadas em exteriores, e iluminação pública (em ruas e frequentemente em túneis). Produzem uma luz monocromática (amarelo-alaranjado) a 590 nm de comprimento de onda, o que resulta num IRC nulo.

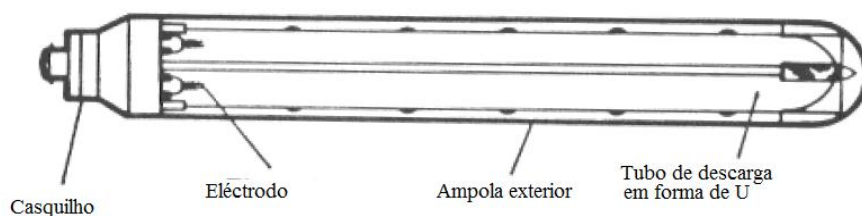


Figura 20 – Componentes de uma lâmpada de descarga de vapor de Sódio

Têm como limitações o tempo de arranque, na ordem dos 7 a 15 minutos, e de re-arranque, até 5 minutos.

A Tabela 5 apresenta as principais características deste tipo de lâmpada.

Tabela 5 – Principais características das lâmpadas de sódio de baixa pressão [21, 25]

IRC	0
Tª de cor	1800 K
Eficácia	80 - 200 lm/W
Vida útil	9000 h – 18 000 h
Potência	18 W – 185 W

4.2.2.1.2 Vapor de Mercúrio (Fluorescentes)

São constituídas por um tubo de vidro revestido, internamente, por fósforo, que é excitado por radiação ultravioleta gerada pela ionização do gás, produzindo luz visível.

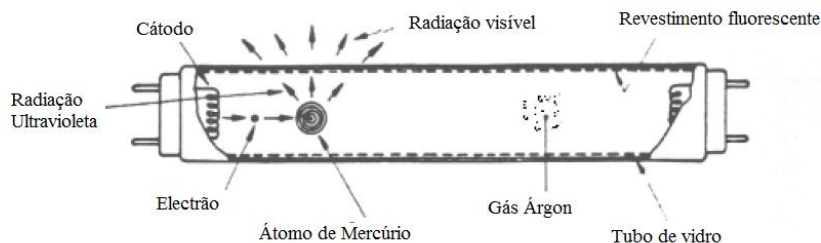


Figura 21 – Componentes de uma lâmpada fluorescente

Uma característica importante destas lâmpadas é o facto de, com a diminuição do diâmetro da lâmpada, se verificar um aumento da eficácia (maior numero de reflexões), Figura 19. São lâmpadas pouco condutoras de calor, sendo habitualmente utilizadas em escritórios, hotéis, restaurantes e residências. Sugere-se que não sejam desligadas se o período de ausência da divisão for inferior a 15 minutos, pois causa uma grande redução da sua vida útil.

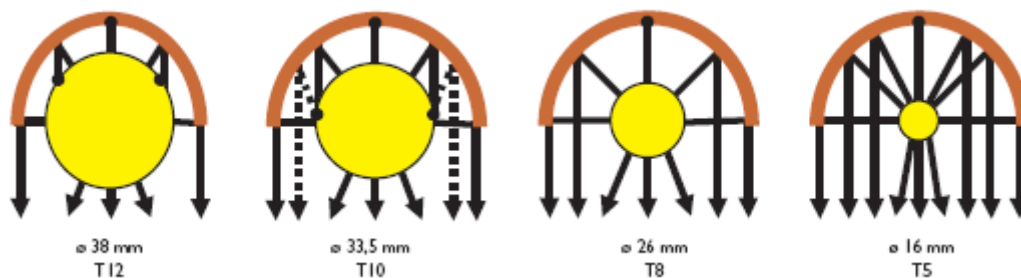


Figura 22 – Número de reflexões para diferentes diâmetros de lâmpadas fluorescentes

As principais características destas lâmpadas são apresentadas na tabela seguinte.

Tabela 6 – Principais características de lâmpadas fluorescentes

IRC	50 - 98
Tª de cor	2700 K – 6500 K
Eficácia	55 - 100 lm/W
Vida útil	10 000 h – 20 000 h
Potência	4 W – 215 W

4.2.2.1.3 Vapor de Mercúrio (Fluorescentes Compactas)

Têm o mesmo funcionamento que as lâmpadas fluorescentes tubulares, com a diferença de, no caso de serem do tipo integradas, não necessitarem de arrancador, balastro ou condensador. A Figura 20 apresenta duas lâmpadas compactas fluorescentes, sendo a da direita integrada, contendo no casquilho todo o equipamento necessário ao seu funcionamento. A lâmpada esquematizada na esquerda necessita de equipamento auxiliar para o seu funcionamento.

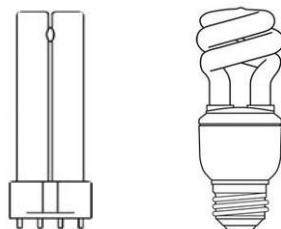


Figura 23 – Lâmpadas Fluorescentes Compactas

As principais características destas lâmpadas são apresentadas na tabela seguinte.

Tabela 7 – Principais características de lâmpadas fluorescentes compactas

IRC	82 - 98
Tª de cor	2700 K – 6000 K
Eficácia	40 - 60 lm/W
Vida útil	10 000 h – 15 000 h
Potência	5 W – 57 W

4.2.2.2 Lâmpadas de descarga de alta pressão

As lâmpadas de alta pressão podem ser subdivididas em:

- Vapor de Sódio;
- Vapor de Mercúrio;
- Vapor de Iodetos Metálicos;
- Luz Mista.

4.2.2.2.1 Vapor de Sódio

Este tipo de lâmpada é utilizado em iluminação exterior, como auto-estradas e avenidas. Têm como desvantagens o tempo de arranque, o atraso no re-arranque e o elevado custo. Apresentam cor amarelada (Sódio).



Figura 24 – Lâmpada de vapor de Sódio

As principais características destas lâmpadas são apresentadas na tabela seguinte.

Tabela 8 – Principais características de lâmpadas de sódio de alta pressão

IRC	20 - 80
Tª de cor	2000 K – 3000 K
Eficácia	80 - 140 lm/W
Vida útil	10 000 h – 48 000 h
Potência	50 W – 1000 W

4.2.2.2.2 Vapor de Mercúrio

Este tipo de lâmpada não necessita de arrancador, apenas de reactância (devido à alta pressão). São utilizadas em iluminação de ruas, espaços públicos, postos de gasolina e possuem tempo de arranque de 2 a 8 minutos, e de re-arranque de 4 a 7 minutos. As principais características deste tipo de lâmpada são apresentadas na tabela seguinte.

Tabela 9 – Principais características de lâmpadas de vapor de mercúrio

IRC	40 - 55
Tª de cor	3300 K – 3800 K
Eficácia	30 - 60 lm/W
Vida útil	11 000 h – 2 000 h
Potência	50 W – 1000 W

4.2.2.2.3 Vapor de Mercúrio com iodetos metálicos

Este tipo de lâmpadas é composto pela junção de halogéneos (iodetos) ao vapor de mercúrio, melhorando, assim, as suas características.



Figura 25 – Lâmpada de vapor de mercúrio com iodetos metálicos

São utilizadas na iluminação de estádios de futebol, ginásios polidesportivos, indústrias, salas de exposição, entre outros. As principais características deste tipo de lâmpada são apresentadas na tabela seguinte.

Tabela 10 – Principais características de lâmpadas de vapor de mercúrio com iodetos metálicos

IRC	65 - 90
Tª de cor	3000 K – 7000 K
Eficácia	65 - 100 lm/W
Vida útil	6000 h – 13 000 h
Potência	39 W – 3500 W

4.2.2.2.4 Lâmpadas de luz mista

São lâmpadas que reúnem propriedades das lâmpadas incandescentes e das lâmpadas de descarga. São compostas por um tubo de descarga de mercúrio, ligado em série com um filamento de tungsténio -Figura 23, que, além de funcionar como fonte luminosa, age como uma resistência que limita a corrente da lâmpada, não sendo, assim, necessário o balastro.

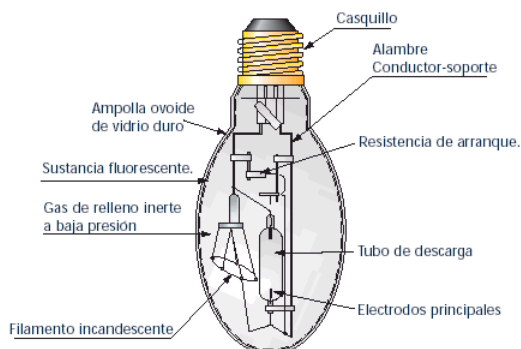


Figura 26 – Lâmpada mista

São lâmpadas que apresentam uma coloração branco-azulada, agradável à visão e são frequentemente utilizadas em iluminação interior. As principais características deste tipo de lâmpada são apresentadas na tabela seguinte.

Tabela 11 – Principais características de lâmpadas de luz mista

IRC	60 - 65
Tª de cor	3000 K – 3400 K
Eficácia	20 - 50 lm/W
Vida útil	2000 h - 8000 h
Potência	160 W – 500 W

4.2.3 Lâmpadas de Indução

Estas lâmpadas têm um princípio de funcionamento semelhante ao das lâmpadas de descarga, porém, a corrente é gerada por indução de um campo magnético externo, e não possui eléctrodos e com arranque rápido.

São utilizadas em iluminação de locais de difícil acesso, aplicações industriais ou de edifícios públicos.

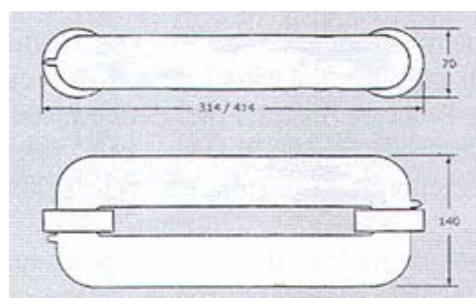


Figura 27 – Lâmpada de indução

As principais características deste tipo de lâmpada são apresentadas na tabela seguinte.

Tabela 12 – Principais características de lâmpadas de indução

IRC	80 - 90
Tª de cor	3000 K – 4000 K
Eficácia	80 - 90 lm/W
Vida útil	60 000 h
Potência	23 W – 150 W

4.2.4 LED's

O LED é um dispositivo electro-óptico cuja principal componente é um chip semiconductor que emite luz quando uma corrente eléctrica lhe é aplicada. O material que compõe o LED é muito importante, visto a cor da luz emitida depender do material e do processo de fabrico. São utilizados em semáforos, sinalização geral, entre outros.

Os LED's têm, em geral, potências baixas (entre 1 W e 4 W), podendo ser agrupados de forma a fornecer maior iluminação - Figura 25.

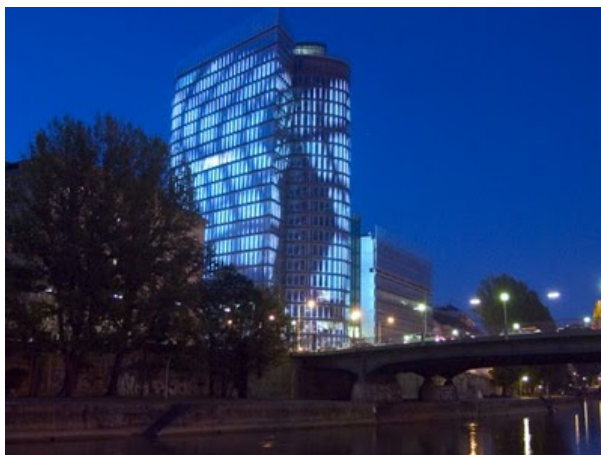


Figura 28 – Exemplo de aplicação de LED's em fachadas de edifícios (Sede da UNIQA - Viena, Áustria)

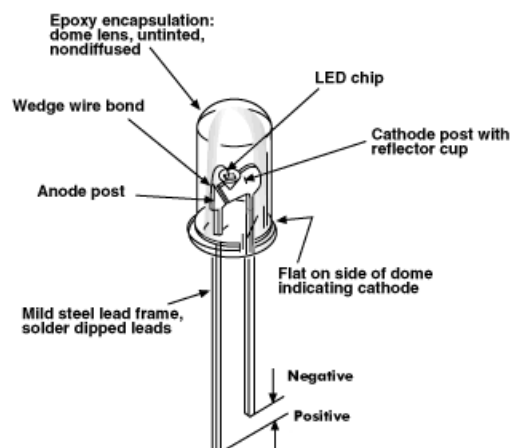


Figura 29 – LED

As principais características dos LED's são apresentadas na tabela seguinte.

Tabela 13 – Principais características dos LED's

IRC	76 - 85
T^a de cor	4000 K
Eficácia	10 - 130 lm/W
Vida útil	100 000 h

A Figura 30 apresenta a comparação entre diferentes tipos de lâmpadas em relação à temperatura de cor, tempo de vida e índice de restituição de cor.

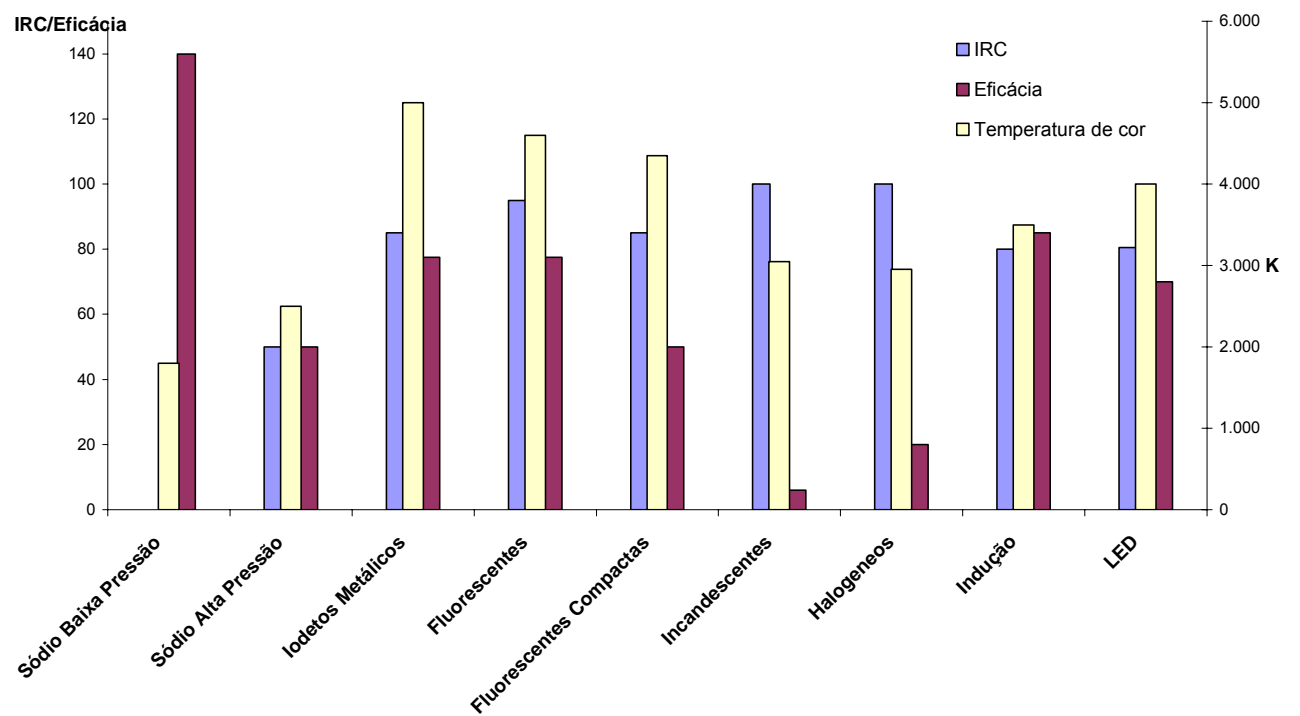


Figura 30 – Comparação das características de vários tipos de lâmpada

4.3 – Balastros

Os balastros são equipamentos auxiliares necessários ao funcionamento das lâmpadas de descarga. Os tipos de balastros existentes no mercado são **electromagnéticos** ou **electrónicos**. A sua função é a de limitar a corrente, adequar tensões para o correcto funcionamento das lâmpadas e, juntamente com os **arrancadores**, pré-aquecer os eléctrodos para provocar a emissão de electrões que produz a tensão de arranque, iniciando-se, assim, a descarga.

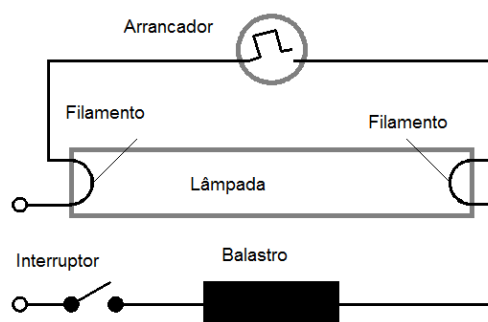


Figura 31 – Conjunto balastro e arrancador

4.3.1 Balastros electromagnéticos

São constituídos por um núcleo laminado de aço silício (com baixas perdas) e bobinas de fio de cobre esmaltado, impregnados com resina poliéster à qual é adicionada carga mineral. Apresentam-se alguns exemplos de balastros electromagnéticos na Figura 29.

Os balastros electromagnéticos são classificados, de acordo com o consumo energético, nas classes B1, B2, C e D. Como consequência directa do protocolo de Quioto¹, uma directiva da União Europeia² veio estabelecer as disposições aplicáveis à eficiência energética dos balastros das fontes de iluminação [26, 27]. Assim, desde Novembro de 2005, a venda de balastros de classe C (proibida desde Maio 2002) e D foi proibida [28].



Figura 32 – Balastros electromagnéticos

¹ Protocolo de Quioto: tratado internacional, redigido em 1997 em Quioto, para limitar as emissões dos gases que provocam o efeito de estufa, considerados causa do Aquecimento Global. Só entrou oficialmente em vigor a 16 de Fevereiro de 2005.

² Directiva Europeia 2000/55/EC

Os balastros magnéticos apresentam um consumo superior face aos balastros electrónicos, e têm um factor de potência muito baixo¹, o que implica que em instalações com grande quantidade de lâmpadas fluorescentes, seja necessário prever uma compensação de forma a melhorar este factor de potência.

4.3.2 Balastros electrónicos

Os balastros electrónicos estão disponíveis desde o início da década de 80. Melhorias nas performances destes balastros e o custo cada vez maior da energia resultaram num aumento da utilização dos mesmos a partir do início da década de 90.

Os balastros electrónicos melhoram o rendimento das lâmpadas convertendo a frequência standard de 50 Hz em alta-frequência, para frequências na ordem dos 30 kHz. O funcionamento das lâmpadas a estas elevadas frequências produz a mesma quantidade de luz, com um consumo de 12 a 25 % mais baixo [14, 29]. A operação a alta-frequência proporciona um maior fluxo luminoso, com menor potência de consumo da lâmpada, tornando os balastros electrónicos em equipamentos economizadores de energia, com maior eficiência que os electromagnéticos.

As vantagens destes balastros são:

- A lâmpada pode produzir cerca de mais 10% de luz para a mesma potência absorvida;
- Menor potência absorvida;
- Alto factor de potência ($> 0,95$);
- Eliminação do efeito de Flicker: numa lâmpada funcionando a 50 Hz a luz extingue-se duas vezes por ciclo na passagem da corrente por zero;
- Eliminação do ruído audível: estes balastros funcionam acima da gama audível de frequências;
- Aumento da duração de vida das lâmpadas: devido ao pré-aquecimento dos eléctrodos antes de aplicar o impulso de tensão;
- Desligar automaticamente as lâmpadas em caso de anomalia;
- Não necessitam de condensador de compensação;
- Baixa temperatura de funcionamento;
- Funcionamento em corrente continua;
- Controlo versátil do fluxo luminoso.

¹ É a relação entre a energia activa e a energia reactiva para cada unidade consumidora.

Os balastros electrónicos podem ser classificados nas seguintes classes [28]:

- A1: balastros electrónicos com regulação de fluxo;
- A2: balastros electrónicos de baixas perdas;
- A3: balastros electrónicos standard.



Figura 33 – Balastro electrónico

As potências do conjunto balastro e lâmpada, para diferentes tipos de lâmpadas fluorescentes, operadas por balastros electrónicos ou magnéticos, são apresentadas em anexo, de acordo com a classe do balastro.

4.4 – Métodos e técnicas de controlo de sistemas de iluminação

Edifícios em que os sistemas de iluminação não sejam controlados, ou o sejam de forma não adequada, incorrem em desperdício de energia e, consequentemente, em custos evitáveis [29].

Do ponto de vista da gestão de energia, a forma como o sistema de iluminação é controlado é de grande importância, pois permite grandes poupanças em termos de consumo. Este controlo é muito dependente dos utilizadores, dos seus hábitos de consumo, do tipo de tarefas a executar, assim como da disposição física do sistema de iluminação.

Nos edifícios, e não só, é necessário ter em conta tanto a iluminação artificial como a natural. A correcta integração de sistemas de controlo actuando ao nível de ambos os tipos de iluminação permite solucionar vários problemas. O aproveitamento da iluminação natural é um parâmetro muito importante, visto contribuir para a redução de consumos em iluminação até 50%. A observação do comportamento dos utilizadores indica que estes preferem desligar a iluminação artificial, ou pelo menos reduzi-la, sempre que a iluminação natural é suficiente no espaço em que entra [12]. A Figura 34 exemplifica uma situação de bom aproveitamento da iluminação natural, e a sua interligação com a iluminação artificial. Com efeito, na figura da esquerda, o utilizador dispõe de iluminação natural, podendo controlar manualmente a utilização de iluminação artificial, desligando as luminárias perto das janelas, ou complementando a iluminação natural, graças à existência de circuitos distintos para estas.

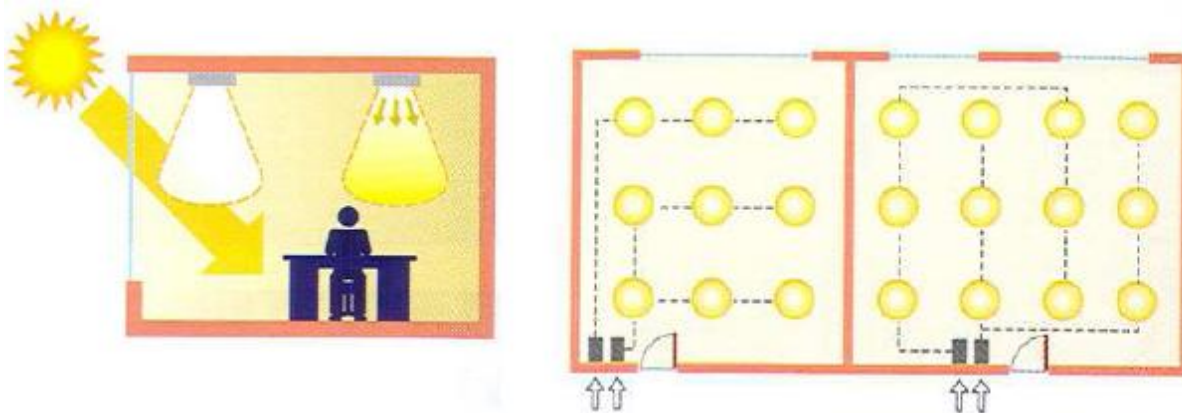


Figura 34 – Exemplo de complementaridade entre sistemas de controlo de iluminação artificial e iluminação natural disponível.

A figura da direita exemplifica o conceito de zonamento de circuitos. No primeiro caso, existem dois interruptores. Um controla as três luminárias perto da janela, enquanto o segundo interruptor controla as outras seis luminárias. Esta disposição de circuitos permite um bom aproveitamento da iluminação natural. No segundo caso verifica-se um zonamento diferente, sendo possível controlar independentemente grupos de luminárias intercaladas entre si, não existindo a possibilidade de controlo das luminárias perto das janelas.

A iluminação em edifícios modernos visa atender às necessidades de um grande

número de pessoas que realizam actividades com diferentes exigências quanto a níveis de iluminação. Para o melhor aproveitamento da iluminação natural, a localização das tarefas de maior exigência visual deve ser o mais próxima possível das janelas. O sistema de iluminação natural deve ter uma protecção adequada contra a incidência da radiação solar directa, visto que, da energia recebida na Terra por radiação solar, aproximadamente 50% é composta pelo espectro visível (luz) e cerca de 45% é composta por radiação infravermelha.

Na análise do controlo de iluminação instalado, devemos ter em atenção a localização e sinalização da aparelhagem de controlo, a facilidade de acesso e manuseamento por parte do utilizador, devendo ser implementado um plano de gestão de energia para alertar e consciencializar os utilizadores da necessidade de poupança de energia.

Existem várias estratégias de controlo que podem ser adoptadas, descritas em normas de eficiência energética, como a ASHRAE 90.1 – 2004, como o “*Automatic Shutoff*” ou “*Space Control*”. Estas estratégias consistem em controlos automatizados dos circuitos de iluminação, evitando-se, assim, a aleatoriedade associada ao controlo por parte dos utilizadores. Desligar a iluminação nas horas de não funcionamento do edifício, controlar local e individualmente o espaço ocupado, e a temporização são outras medidas aplicáveis em termos de controlo [12, 16].

Em termos de iluminação natural, esta pode e deve sempre ser aproveitada ao máximo visto permitir uma menor utilização da iluminação artificial, e uma consequente redução dos consumos que lhe estão associados. Este aproveitamento é efectuado, em grande parte, através das janelas, sendo por isso necessário ter em atenção aspectos que podem provocar desconforto no utilizador, como encadeamento, condensação ou transferência de calor (ganhos ou perdas). É, assim, necessário ter especial cuidado na fase de projecto de forma a evitar estas ocorrências, a orientação das janelas é também importante, visto fachadas orientadas a sul permitirem um melhor aproveitamento deste recurso. A instalação de sombreamentos tanto exteriores como interiores (*Light Shelves*) ou estores, permite evitar o encadeamento, evitando a incidência directa de raios solares, e também, uma melhor distribuição de luz natural no espaço, Figura 35.

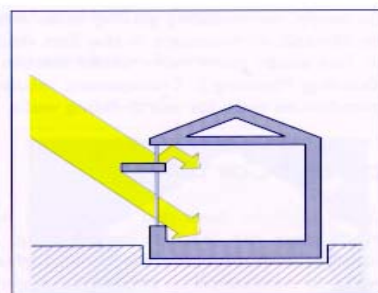


Figura 35 – Influência de sombreamento (*Light Shelf*) na distribuição de luz natural numa sala

O aproveitamento de luz natural pode também ser feito através de tubos de luz, tubos que direccionam a luz natural para o interior de um espaço, através de reflexões no interior do mesmo [14]. Estes podem ser rígidos, flexíveis e até rotativos, de forma a

acompanhar o movimento do sol, captando o máximo de luz natural ao longo do dia. A Figura 36 apresenta um exemplo de um tubo de luz.

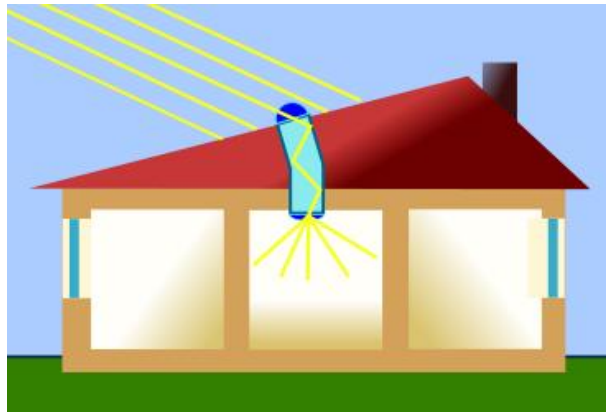


Figura 36 – Aproveitamento da iluminação natural por tubos de luz

Este aproveitamento pode também ser efectuado através de diferentes configurações para os telhados de forma a captar a luz solar para o interior de um espaço. A Figura 37 apresenta algumas situações para o aproveitamento da luz natural num edifício, através do telhado.

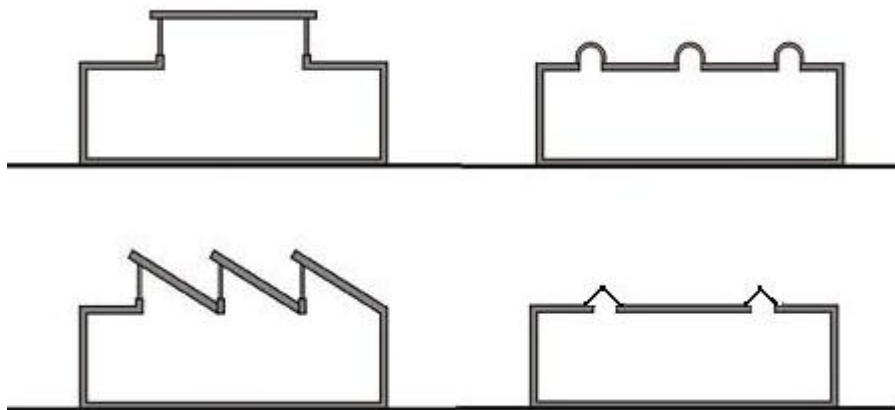


Figura 37 – Exemplo de configurações de telhados para aproveitamento de iluminação natural

Em termos de controlo para a iluminação, este pode ser feito através de diversos aparelhos. Apresentam-se, de seguida, alguns equipamentos considerados mais relevante para o controlo da iluminação:

4.4.1 Sensores de presença

São compostos por um detector de movimento, uma unidade de controlo electrónica e um interruptor controlável (relé). O sensor detecta o movimento, enviando um sinal apropriado à unidade de controlo. Este sinal é processado, originando uma ordem de comando ao relé para que este abra ou feche, controlando, assim, o estado (ligado ou desligado) da(s) lâmpada(s) controlada(s). Estes dispositivos asseguram, deste modo, que as luzes permaneçam apagadas quando o espaço e questão estiver desocupado. São mais adequados a espaços em que a ocupação seja do tipo intermitente ou imprevisível, como dispensas, casa de banho ou parques de estacionamento.



Figura 38 – Sensor de presença [17]

4.4.2 Sensores de luz natural

A utilização desta fonte luminosa é, sob todos os aspectos, o ponto de partida para a obtenção de um sistema de iluminação energeticamente eficiente.

A disponibilidade de luz natural em quantidades suficientes permite desligar as luminárias perto das janelas, onde a necessidade de luz artificial não é necessária. Este tipo de sensores pode e deve ser instalado juntamente com reguladores de fluxo, permitindo uma melhor distribuição da luz no espaço, de acordo com as necessidades do utilizador. A Figura 39 exemplifica um caso de aplicação de sensores de luz natural.

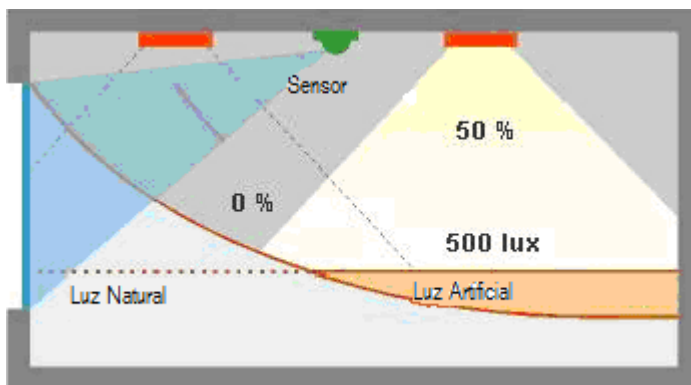


Figura 39 – Aplicação possível de um sensor de luz natural [20]

4.4.3 Controlo temporizado

Em muitas situações, verifica-se um padrão temporal de utilização da iluminação artificial. Nestas situações, pode ser conveniente instalar um temporizador, ou seja, um dispositivo que, após definidas as horas em que poderá ser necessária a iluminação artificial, controla automaticamente o período de funcionamento desta. É necessário prever a possibilidade de *override* deste sistema, para que o utilizador tenha a possibilidade de ligar a iluminação quando necessário, por exemplo, um funcionário que fica a trabalhar até mais tarde. Este *override* deve ser estabelecido de tal forma que o utilizador possa controlar a iluminação apenas no seu local de trabalho, devendo-se, assim, ter atenção ao zonamento de circuitos. A Figura 40 mostra dois exemplos deste tipo de equipamentos.



Figura 40 – Exemplos de temporizadores

Este tipo de controlo pode ser efectuado de outras formas, que seguem o mesmo princípio, como através de temporizadores crepusculares (definem o horário de funcionamento através da análise das horas em que há disponibilidade de luz natural, da data e localização geográfica do edifício) ou de interruptores temporizados (que desligam automaticamente a iluminação passado um intervalo temporal definido).

Neste tipo de dispositivos, deve ser evitada a possibilidade de *override*, no sentido de ligar as luzes, visto que eventualmente, os utilizadores seleccionarão esta opção, anulando as reduções de consumo inerentes à utilização deste tipo de controlo.

4.4.4 Reguladores de fluxo

São dispositivos que controlam a potência fornecida à lâmpada, através de um circuito electrónico, permitindo, assim, a regulação de fluxo das lâmpadas para diversos níveis. São utilizados, actualmente, para lâmpadas incandescentes e de descarga, nomeadamente para lâmpadas fluorescentes. Podem ser utilizados em conjunto com outros dispositivos de controlo, como sensores de luz natural.

No caso das lâmpadas incandescentes, esta regulação é efectuada através de potenciómetros, ver Figura 38. Para lâmpadas de descarga, a regulação é efectuada por meio de balastos com regulação de fluxo, de classe A1.



Figura 41 – Exemplo de regulador de fluxo

4.4.5 Gestão Técnica Centralizada (GTC)

Os sistemas de Gestão técnica centralizada em edifícios são concebidos prioritariamente para dar cumprimento ao Decreto Lei n.º118/98 de 7 de Maio, relativo à regulamentação da qualidade dos sistemas energéticos e de climatização em edifícios, com respeito pela utilização racional da energia, pelo ambiente e pela segurança das instalações [30].

Permitem a gestão, monitorização e manutenção dos vários sistemas existentes num edifício, como iluminação, climatização, equipamentos, detecção de incêndios, assim como o acompanhamento de medições parciais nos diferentes pontos de consumo. A figura exemplifica uma interface de GTC num edifício.

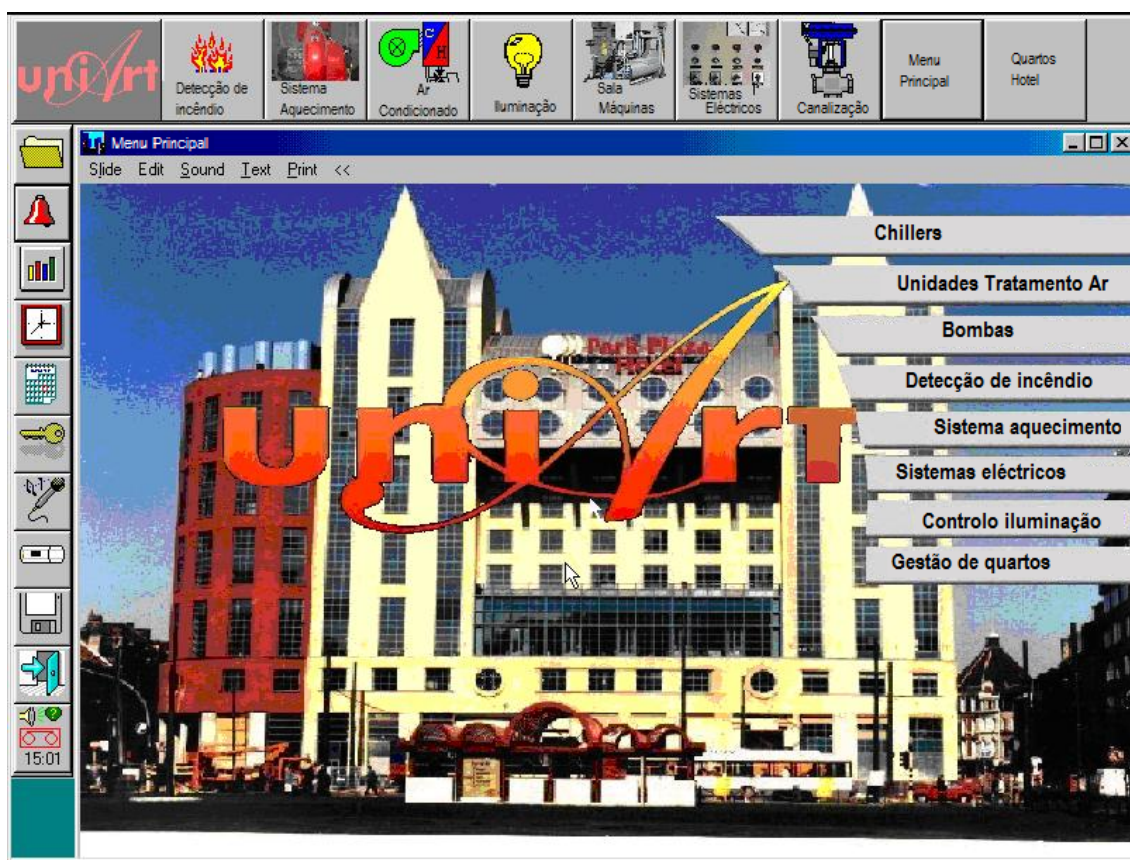


Figura 42 – Exemplo de interface de uma GTC

Com este tipo de sistemas, torna-se possível a obtenção de soluções flexíveis, redução de custos, poupança de energia, visto ser um sistema passível de expansão, adaptável a cada situação, e de utilização fácil.

5. Motores Eléctricos

Os motores eléctricos são responsáveis por uma parte importante dos consumos de energia em Portugal, tanto no sector industrial como de serviços – Figura 40

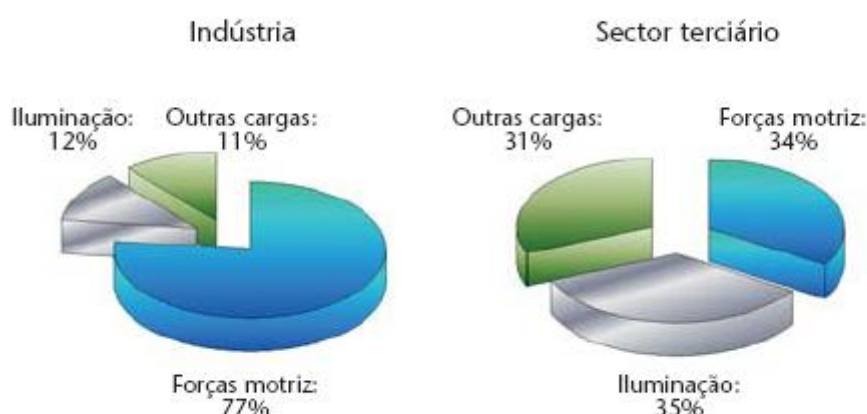


Figura 43 – Consumos de energia eléctrica desagregados por utilização para sector de indústria e de serviços [2]

Os motores eléctricos são largamente utilizados, visto combinarem as vantagens da utilização de energia eléctrica: facilidade de transporte e comando, com alto rendimento (na casa dos 90%), baixo custo e manutenção. São máquinas de construção simples e robusta, sendo o motor de indução trifásica o mais utilizado.

A incorporação da electrónica nos motores eléctricos e a utilização de materiais com melhores características veio alargar ainda mais as suas aplicações, possibilitar o desenvolvimento de motores já existentes e criar novos tipos de motores, mais eficientes e com menor manutenção.

Tendo um peso tão elevado nos consumos de energia eléctrica, torna-se necessário analisar as suas características para aferir quanto às vantagens técnico-económicas. O potencial de economia de energia em motores eléctricos é enorme, não implicando diminuição da qualidade de serviço.

Para adequar cada motor à utilização em causa, em termos de velocidade de funcionamento, utilizam-se os variadores de frequência, ajustando-se a transmissão de potência do motor à carga a que este está sujeito. Assim, conseguem obter-se reduções de consumo até 15% [10, 14]. Estes equipamentos convertem a corrente alternada da rede, de frequência fixa (50Hz ou 60 Hz), em frequências variáveis. Também permitem poupanças de energia, obtidas, por exemplo, colocando o motor em *stand-by*. A sua

instalação em conjunto com os motores, terá um cariz obrigatório, para motores que não cumpram a classe de eficiência IE3¹, dependendo da potência do motor, a partir de 2015².

¹ Ver capítulo 4.4.

² O regulamento nº 640/2009 da Comissão Europeia, prevê a instalação obrigatória de variadores de velocidade para motores que não cumpram a classe de eficiência IE3, para potências entre 7,5 e 350 kW, a partir de Janeiro 2015, e para potências entre 0,75 e 350 kW, a partir de Janeiro 2017.

5.1 – Conceitos Gerais

Na análise de um motor consideram-se as seguintes grandezas nominais:

- Potência nominal: P_n (W);
- Tensão nominal: U_n (V);
- Corrente nominal: I_n (A);
- Factor de potência: $\cos \varphi$;
- Velocidade nominal: n_n (rpm).

Além destas características, também é necessário ter em conta a chapa de características do motor, pois esta fornece informação relevante para a avaliação da eficiência do motor, como frequência, potência, tensão, velocidade, factor de potência, e, possivelmente, a classificação de eficiência da CEMEP¹. A Figura 41 mostra um exemplo de uma chapa de características de um motor.

A photograph of a motor nameplate from ABB Motors. The plate is rectangular with rounded corners and contains technical specifications in a structured layout. At the top, the ABB logo is on the left, 'ABB Motors' is in the center, and the CE mark is on the right. Below this, the motor model '3-motor M2QA 90 S2 A' is printed. To the right of the model is 'IEC 34-1'. Below the model is '3GQA091101-ASA' and 'EFF2'. Below these are '6205/C3' and 'IP 55'. Below 'IP 55' is 'Ins.cl F'. Below these are 'V', 'Hz', 'r/min', 'kW', 'cosφ', and 'A'. Below these are three rows of data: '220-240Δ 50 2850 1.5 0.87 5.58', '380-420Y 50 2850 1.5 0.87 3.23', and '440-480Y 60 3420 1.73 0.87 3.30'. At the bottom left is 'No 329 11117711' and at the bottom right is '21 kg'.

ABB		ABB Motors		CE	
3-motor M2QA 90 S2 A					
IEC 34-1					
3GQA091101-ASA					
EFF2					
6205/C3					
IP 55					
Ins.cl F					
V	Hz	r/min	kW	cosφ	A
220-240Δ	50	2850	1.5	0.87	5.58
380-420Y	50	2850	1.5	0.87	3.23
440-480Y	60	3420	1.73	0.87	3.30
No 329 11117711				21 kg	

Figura 44 – Chapa de características de um motor [14]

Um motor de indução é, genericamente, constituído por [31]:

- Estator: parte fixa, é constituído por chapas ferromagnéticas empilhadas e isoladas entre si, para reduzir as perdas por histerese e correntes de Foucault. As chapas possuem ranhuras, nas quais são colocados os enrolamentos.
- Rotor: parte móvel, composta por pilhas de chapas finas, isoladas entre si e ranhuradas. É apoiado no veio de rotação do motor, que possui enrolamentos nos extremos. Existe uma pequena abertura de ar entre estator e rotor – entreferro – que deve ser o menor possível, para reduzir a relutância magnética total do circuito, aumentando a indução e o fluxo magnético.
- Carcaça: em ferro fundido, ou alumínio, destina-se a alojar o estator e o rotor, e também proteger os componentes do motor de efeitos prejudiciais do ambiente em que o motor opera.

¹ Comité de Fabricantes de Máquinas Eléctricas e de equipamentos e sistemas de Electrónica de Potência.

Os rolamentos, montados no eixo do rotor permitem que este gire, sendo a energia mecânica produzida transmitida à carga pelo veio. Uma ventoinha, montada no eixo do rotor também, força a refrigeração do motor. A Figura 45 representa a constituição de um motor de indução.

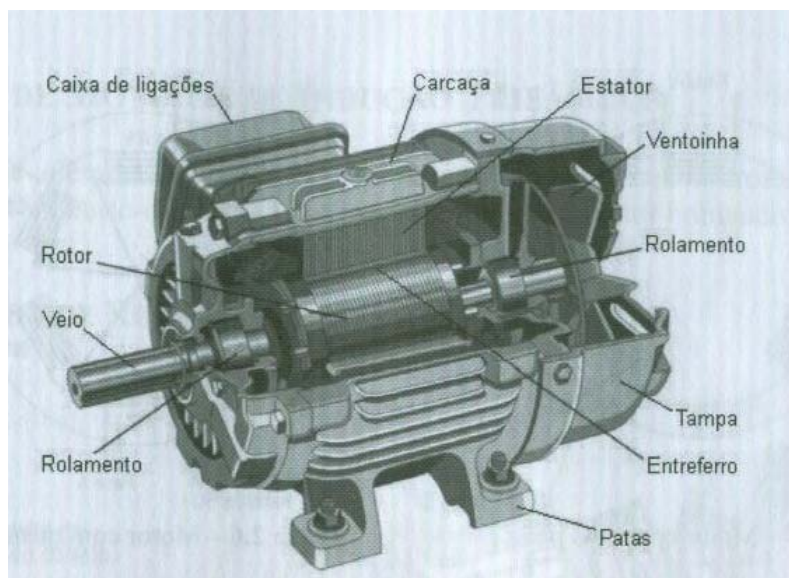


Figura 45 – Constituição de um motor de indução trifásica [31]

Actualmente, é feita a distinção dos motores de indução trifásica em duas categorias, consoante o tipo de rotor:

- Motores de Rotor em Gaiola;
- Motores de Rotor Bobinado;

5.1.1 – Motores de Rotor em Gaiola

É o tipo de motor mais comum, e caracteriza-se por ter, no interior das ranhuras das chapas laminadas do núcleo do rotor, barras condutoras dispostas paralelamente e ligadas mecanicamente e electricamente, entre si, nas extremidades, por anéis condutores. As barras estão dispostas com uma determinada inclinação, de forma a melhorar as propriedades de arranque e diminuir ruídos. Esta disposição forma uma espécie de gaiola de esquilo. São motores que não necessitam de colectores nem de escovas, elementos sujeitos a desgaste, sendo, assim, motores de muito baixa manutenção

A Figura 46 exemplifica a configuração do rotor de um motor de rotor em gaiola.

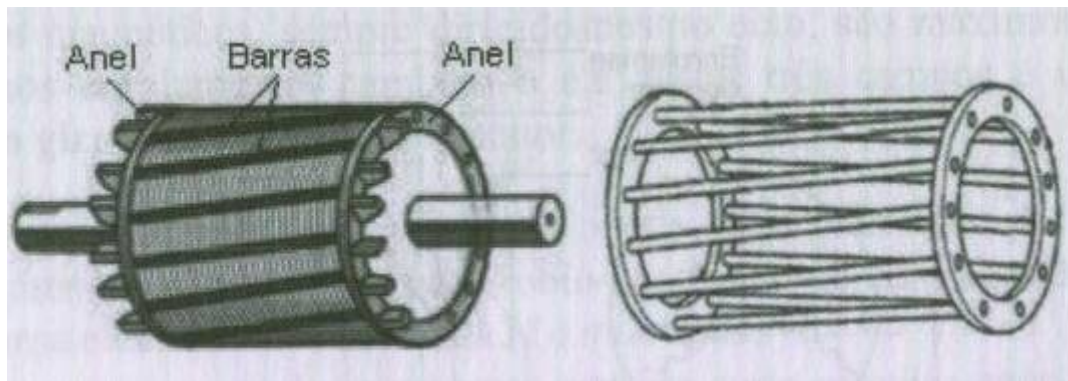


Figura 46 – Rotor em gaiola [31]

5.1.2 – Motores de Rotor Bobinado

Este tipo de motores possui, no interior das ranhuras do rotor, enrolamentos ligados a anéis colectores colocados no veio. Estes anéis estão em contacto com as escovas, que por sua vez, ligam os enrolamentos do rotor ao circuito externo.

São, normalmente, motores de potência elevada, e destinam-se a arranques de cargas com elevado binário resistente e inércia. Permite arranques suaves e progressivos graças a resistências rotóricas, ligadas em série com o enrolamento trifásico do rotor através das escovas e dos anéis. As resistências rotóricas, depois do arranque, vão sendo progressivamente diminuídas até que o motor atinja a sua velocidade nominal, sendo, assim, possível controlar o binário de arranque de forma suavizada.

São motores mais caros que os de rotor de gaiola e menos eficientes, sendo utilizadas especialmente quando o motor de gaiola não conseguir fornecer o binário de arranque necessário.

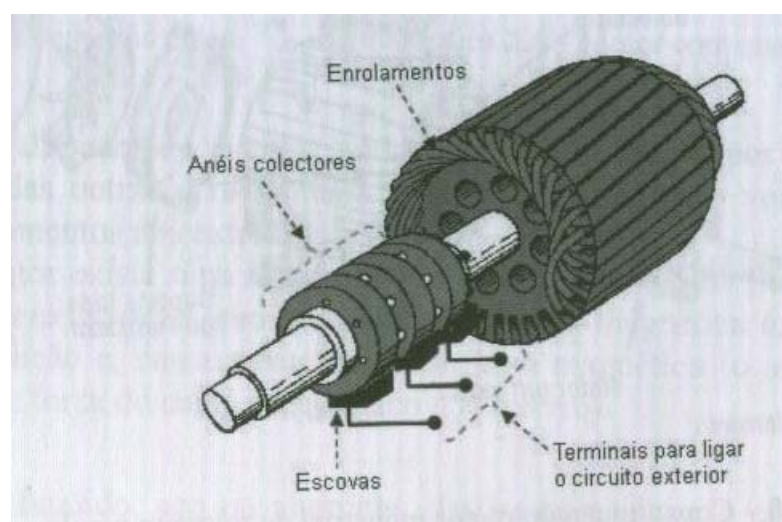


Figura 47 – Rotor bobinado [31]

5.2 – Princípio de funcionamento

Conhecidos os tipos de motor indutivo trifásico, descreve-se de seguida o seu princípio de funcionamento. A passagem de corrente por um condutor localizado no estator, origina um campo magnético girante. Este campo magnético irá induzir um outro no rotor, que cria uma corrente. Esta corrente rotórica têm um sentido tal que, de acordo com a lei de *Lenz*¹, tende a opôr-se à causa que lhe deu origem. Cria-se, assim, um campo magnético em torno dos condutores do rotor que tende a opôr-se ao campo magnético girante criado pelo estator.

Como o campo do estator é girante, e sabendo que pólos de nomes contrários se atraem, os pólos do rotor são atraídos pelos do estator. O rotor entra em rotação tentando acompanhar o campo girante do estator. O rotor nunca atinge a velocidade do campo girante devido ao escorregamento.

Devido a este fenómeno, o escorregamento, estes motores são denominados assíncronos.

¹ Lei de Lenz: O sentido da corrente induzida é tal que esta, pelas suas acções magnéticas tende a opor-se à causa que lhe deu origem.

5.3 – Performance

Em termos de performance de um motor de indução trifásica, consideram-se duas situações limite:

- Carga nominal: situação correspondente à carga calculada para o dimensionamento do motor, ou seja, 100% da carga. Os valores de grandezas constantes da chapa de características referem-se à condição nominal.
- Carga em vazio: situação correspondente a ter o motor desacoplado da carga, ou seja, 0% de carga. Nesta situação, algumas grandezas como a corrente e a potência são os mínimos possíveis. Ao invés, a velocidade de rotação do motor assume o seu valor máximo, próximo da velocidade do campo girante.

5.3.1 – Velocidade de rotação

É feita a distinção entre velocidade nominal e velocidade síncrona.

4.3.1.1 – Velocidade Síncrona de rotação

A velocidade síncrona (n_s) de um motor é a correspondente à velocidade de rotação do campo girante. Depende do número de pólos (p) do motor e da frequência (f) da tensão de alimentação. É calculada pela expressão:

$$n_s = 120 \cdot \frac{f}{p} \quad (4)$$

4.3.1.2 – Velocidade Nominal de rotação

A velocidade nominal de rotação do motor de indução é ligeiramente inferior à de sincronismo, devido ao escorregamento, e varia com a carga aplicada no eixo. Dependendo da forma como as bobinas do estator estão dispostas, formam-se diferentes números de pólos e consequentemente, a velocidade nominal do motor é variável.

5.3.2 – Escorregamento

Esta grandeza relaciona a velocidade de rotação do rotor e a velocidade do campo girante do motor:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \quad (5)$$

em que:

s – escorregamento;

n_s - Velocidade de sincronismo do motor;

n – Velocidade do rotor.

O escorregamento, ou deslizamento, assume valores entre 0 e 1 [32]. Os valores limite são, respectivamente, para quando o motor está em vazio ($s=0$), rodando à velocidade de sincronismo, e para quando o motor está parado ($s=1$).

5.3.3 – Rendimento

Define-se rendimento de um motor eléctrico como sendo a razão entre a potência mecânica (útil) e a potência consumida. É dada pela seguinte expressão:

$$\eta = \frac{P_u}{P_{total}} = \frac{P_{mec}}{P_{electrica}} \quad (6)$$

Em que:

η – Rendimento (%);

P_u – Potência útil (kW);

P_{total} – Potência total (kW);

P_{mec} – Potência mecânica (kW);

$P_{eléctrica}$ – Potência eléctrica (kW).

O rendimento permite quantificar as perdas inerentes ao processo de transformação de energia eléctrica em mecânica.

5.3.4 – Factor de Potência

O factor de potência é dado pela relação entre a potência activa (W) e a potência aparente (VA). Para grandezas sinusoidais, é dado por:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S_a} \quad (7)$$

Em que:

φ – Ângulo entre tensão e corrente;

P – Potência activa (kW);

S_a – Potência aparente (kVA).

É um valor compreendido entre 0 e 1, e é um indicador do desfasamento entre corrente e tensão, assim como, da qualidade da energia consumida. Deve ser o mais próximo possível da unidade, para que a potência aparente (paga ao fornecedor de energia eléctrica) se aproxime ao máximo da que é utilizada para trabalho (activa).

5.3.5 – Factor de Carga

O factor de carga, em motores, indica a relação entre a potência que está a ser absorvida pelo motor P (N), e a sua potência nominal P_n (N_n), sendo expresso em termos de percentagem.

A Figura 48 apresenta, em termos de percentagem, as curvas características de um motor, representando a velocidade, rendimento, factor de potência e intensidade de corrente em função do factor de carga.

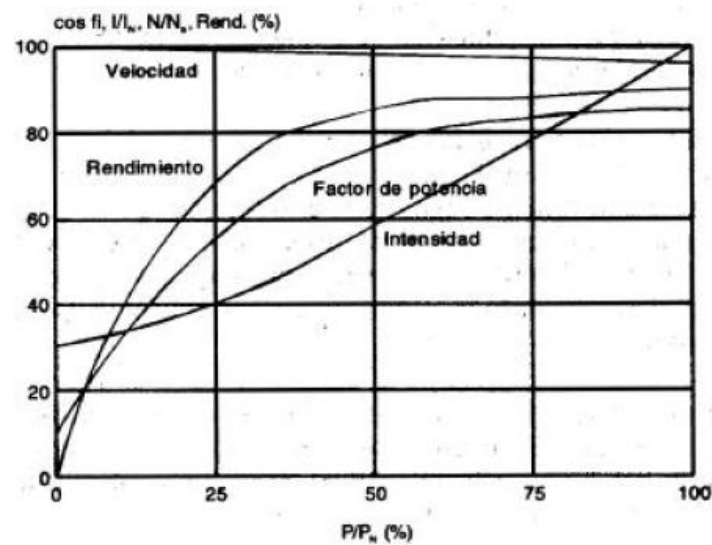


Figura 48 – Curvas características de um motor

5.3.6 – Perdas

A eficiência de um motor depende do valor relativo das suas perdas e de quanto se consegue reduzi-las. É por isso importante identificar quais as perdas e onde podem ocorrer. A Figura 49 apresenta as perdas que ocorrem desde a potência de alimentação até à potência que chega ao veio do motor.

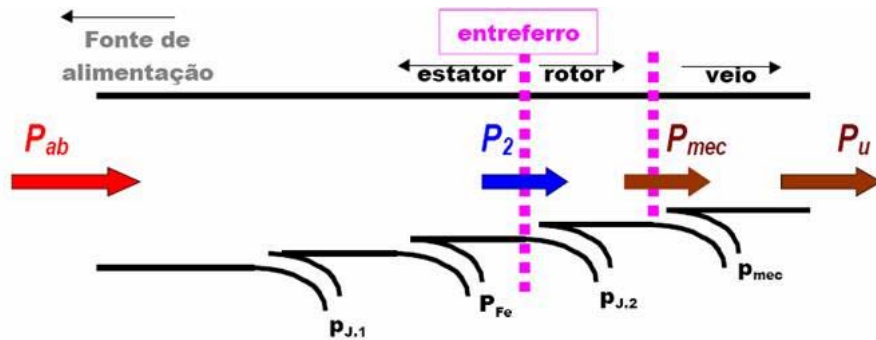


Figura 49 – Perdas de um motor [33]

- P_{ab} – Potência absorvida;
- P_u – Potência útil;
- P_2 – Potência transferida para o rotor;
- P_{mec} – Potência mecânica;
- $p_{j,1}$ – perdas no estator, devido ao efeito de Joule, 25 a 40% das perdas totais;
- p_{fe} – Perdas devido à circulação do campo magnético, 15 a 25% das perdas totais;
- $p_{j,2}$ – Perdas no rotor, devido ao efeito de Joule, 15 a 25% das perdas totais;
- p_{mec} – perdas mecânicas, devido a atritos nos mancais e ventilação, 5 a 15% das perdas totais.

A redução das perdas consegue-se, em parte, com melhorias dos materiais utilizados, aumento da secção dos enrolamentos e aperfeiçoamento das técnicas construtivas, como por exemplo, redução do entreferro (perdas eléctricas e magnéticas), ou utilizando elementos de baixo atrito e aperfeiçoando os sistemas de ventilação (perdas mecânicas). Como o rendimento é afectado pelas perdas, é de grande importância, a sua redução.

5.4 – Classificação de eficiência CEMEP

A classificação de eficiência de motores eléctricos foi estabelecida em 1999, através de um acordo entre a Comissão Europeia e a CEMEP, com vista à melhoria da eficiência dos motores e redução de consumos, e consequente redução de emissões de CO₂, a nível europeu. Este acordo estipula que os motores, para aplicações gerais de baixa tensão, com potências nominais entre 1,1 kW e 90 kW, com 2 e 4 pólos, deverão ser classificados de acordo com os valores declarados para os respectivos valores nominais.

Foram, assim, estabelecidos três classes de rendimento: EFF1, EFF2 e EFF3, por ordem decrescente de eficiência – Figura 50

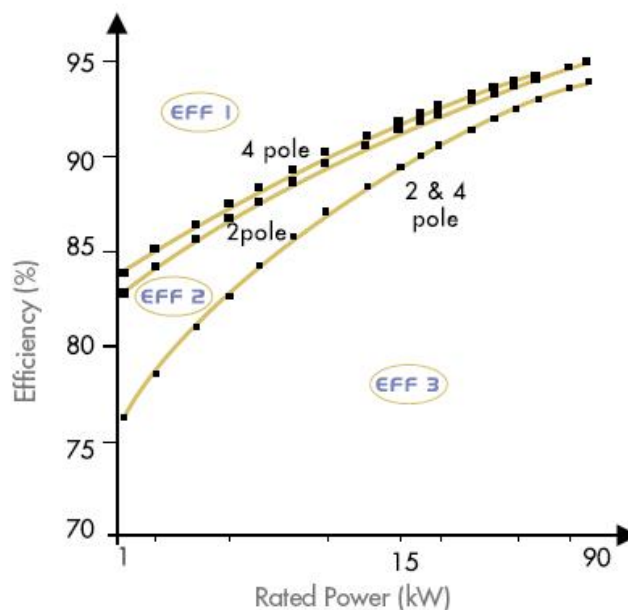


Figura 50 – Classes de eficiência de motores eléctricos conforme EU/CEMEP [34]

A classe EFF1 corresponde aos motores de alta eficiência, EFF2 a motores de eficiência aumentada, e a classe EFF3 a motores de eficiência standard.

Actualmente, existe uma nova classificação de eficiência de motores eléctricos, para motores de potências nominais entre 0,75 kW e 375 kW – Figura 51. Esta classificação decorreu do estabelecimento da norma EN 60034-30:2009. Esta nova classificação tem a sua correspondência com a classificação EU/CEMEP [34]:

- IE1 = Nova Eficiência Standard (equivalente à classe EFF2)
- IE2 = Alta Eficiência (equivalente à classe EFF1)
- IE3 = Eficiência *Premium* (nova classe de eficiência)

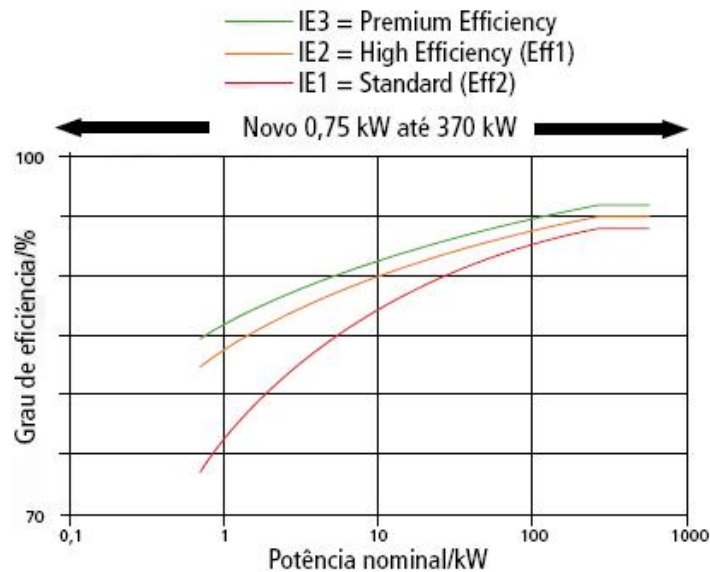


Figura 51 – Nova classificação de eficiência de motores [35]

De referir que esta equivalência não é directa, visto que o método de determinação das perdas parasitas adicionais, na norma IEC 60034-2-1, é obtida por teste, enquanto que, na classificação antiga (CEMEP), estas perdas eram estimadas a 0.5% da potência de entrada.

As principais causas de baixa eficiência dos motores eléctricos são:

- Motor sobredimensionado;
- Perda de isolamento entre espiras de uma mesma bobine, duas bobines de diferentes fases ou entre o núcleo e uma bobine;
- Instalação (fixação, alinhamento, temperatura ou ambiente);
- Alimentação eléctrica (desequilíbrio de fases e harmónicos);
- Manutenção (lubrificação inadequada, ambiente poluído, má ligação eléctrica).

A classificação dos motores eléctricos, em função da sua potência nominal e do tipo de pólos é apresentada em anexo.

6. Casos de Estudo

Os conhecimentos adquiridos durante a realização deste trabalho foram aplicados à análise de dois casos práticos. O primeiro no edifício da NET – Novas Empresas Tecnológicas, e o segundo, num complexo hoteleiro, só tendo sido analisado o caso da iluminação. Não foi possível efectuar a análise a motores eléctricos devido ao curto período de duração do estágio.

Foram identificados os espaços mais relevantes em termos de utilização, procedendo-se, depois, ao levantamento do sistema de iluminação, em termos de equipamentos (lâmpadas e balastros), controlo, zonamento existente, e, após entrevista com o responsável e análise de estudos efectuados anteriormente, à estimativa do número de horas de funcionamento para cada espaço, de forma a avaliar os consumos em que as instalações incorrem. Procedeu-se, posteriormente ao tratamento e análise dos dados obtidos e comparação com as recomendações de boas práticas existentes. Em termos da energia consumida, foi, também, efectuada a conversão para toneladas equivalentes de petróleo, com um factor de $0,000215 \text{ tep/kWh}^1$, e para toneladas de CO_2 emitidas, com um factor de $0,47 \text{ kg CO}_2/\text{kWh}^2$, valores válidos para Portugal em 2010. Esta conversão é efectuada de forma a possibilitar a comparação entre diferentes formas de energia. Assim, é a energia consumida é “convertida” em energia primária equivalente, sendo contabilizados em termos médios os desempenhos dos sistemas de conversão energética analisados. Em relação às emissões de CO_2 , esta conversão é feita de forma a perceber-se o impacto que a instalação tem a nível ambiental, devendo ser um objectivo da gestão, a sua redução.

Após o tratamento dos dados foi possível estabelecer um número de medidas aplicáveis à instalação, com o intuito de melhorar a eficiência e reduzir os consumos em que a instalação incorre, apresentando-se também o tempo de retorno do investimento (PRS- Período de retorno simples). Na análise feita às medidas identificadas, não foi tido em conta o custo da mão-de-obra.

Foi, assim, testada parte da nova metodologia para gestão de energia. Posteriormente a esta primeira fase, e após a análise das medidas sugeridas pelo gestor de energia à administração, deveria ser feito o acompanhamento e verificação dos resultados obtidos com a aplicação destas medidas

¹ O factor de conversão para tep foi obtido do site <http://www.adene.pt/SGCIE/pages/ConversorSGCIE.aspx>.

² O factor de conversão para kg CO_2 foi obtido da Portaria 63/2008 de 21 Janeiro.

6.1 – Edifício NET

O primeiro caso de estudo foi efectuado no edifício NET, tendo sido analisadas as plantas do projecto do edifício, foram identificadas as principais tipologias:

- Escritórios (inclui 13 salas de 36m² e 13 de 18m², o secretariado, uma sala de formação e);
- Salas Industriais;
- ARQ/CI/DIT/CON: arquivo, centro de informática, direcção de investigação e tecnologia e contabilidade; estas salas foram agrupadas numa tipologia visto terem o mesmo tipo de equipamento instalado, e serem salas de pouca utilização;
- Circulações;
- Bar;
- WC's;
- Garagem;
- Auditório.

A distribuição de áreas por tipologia é apresentada na Tabela 14, assim como os valores da potência instalada nas tipologias.

Tabela 14 – Distribuição de áreas por tipologia e potência instalada

Tipologia		Área [m2]	Potência [W]
Escritórios	36m ²	468	11.242
	18m ²	234	
	Outros	130	
Salas Industriais		340	3.960
ARQ/CI/DIT/PIB		63	876
Circulações		340	1.760
Bar		107	1.546
WC's		65	572
Garagem		380	426
Auditório		84	840
Total		2.210	21.222

Estas tipologias foram definidas tendo em conta o tipo de equipamentos instalados e o tipo de tarefas executadas. Foi feito o levantamento das potências dos equipamentos, do tipo de balastros, controlo e zonamento existente (ver anexos), nas diferentes tipologias, por amostra. A

Tabela 15 apresenta o tipo de equipamentos instalados no edifício e as suas características.

Tabela 15 – Características dos equipamentos existentes no edifício NET

Equipamento	Balastro	Quantidade	Eficácia [lm/W]	Potência [W]
TLD 18W/840	Electrónico	723	74	19
TLD 36W/830	Electrónico	12	94	36
TLD 58W/830	Electrónico	72	95	59
CFL 13W/840	Magnético	22	53	17
CFL 18W/840	Magnético	136	50	24
CFL 26W/840	Magnético	4	56	32
Halógeno 50W	-	5	-	50

Apresenta-se de seguida, a tabela resumo em termos de densidade de potência instalada, níveis de iluminação e energia consumida, assim como os valores recomendados para a densidade de potência, pela ASHRAE 90.1, e para os níveis de iluminação (iluminância), obtidos da norma EN 12464-1. A energia foi contabilizada através de estimativas baseadas em dados recolhidos após entrevista com os utilizadores (horários de funcionamento), no tipo de controlo existente, apresentado em anexo, e no tipo de equipamento instalado.

Tabela 16 – Densidade de potência, iluminância e energia por tipologia (edifício NET)

Tipologia	Densidade Potência [W/m ²]		Iluminância [lux]		Energia	
	Actual	Recomendado	Actual	Recomendado	[kWh/ano]	%
Escritórios	13,51	<12	673,6	>500	22.065,4	56,7
Salas Industriais	11,61	<12	-	>500	8.553,6	22,0
ARQ/CI/DIT/PIB	16,60	<12	743,3	>200	49,3	0,1
Circulações	7,65	<6	70,2	>100	3.784,3	9,7
Bar	14,45	<10	366,3	>200	3.019,2	7,8
WC's	11,28	<10	109,3	>200	584,2	1,5
Garagem	1,12	<3	77,28	>75	20,4	0,1
Auditório	10,00	<14	-	>500	806,4	2,1
Energia Total [kWh]					38.882,86	

Da análise dos dados apresentados, verifica-se que, na maioria das tipologias, a densidade de potência é superior aos valores recomendados. Em relação aos níveis de iluminância, estes são superiores ao mínimo recomendado para a tarefa em causa. Conclui-se que a qualidade da iluminação satisfaz as recomendações, embora tenha uma densidade de potência superior ao recomendado. Com efeito, o facto de os valores de iluminância medidos e a densidade de potência serem superiores ao recomendado

significa que houve um investimento desnecessário, a nível do projecto, que se traduz em excesso de equipamento instalado, e de potência instalada, sem que isso implique mais valia para o utilizador.

A Figura 52 apresenta a densidade de potência por tipologia, assim como os valores recomendados na ASHRAE 90.1.

Estes valores são referentes a escritórios (12 W/m^2), circulações (6 W/m^2), refeitório e WC (10 W/m^2), parque de estacionamento (3 W/m^2) e auditório (14 W/m^2).

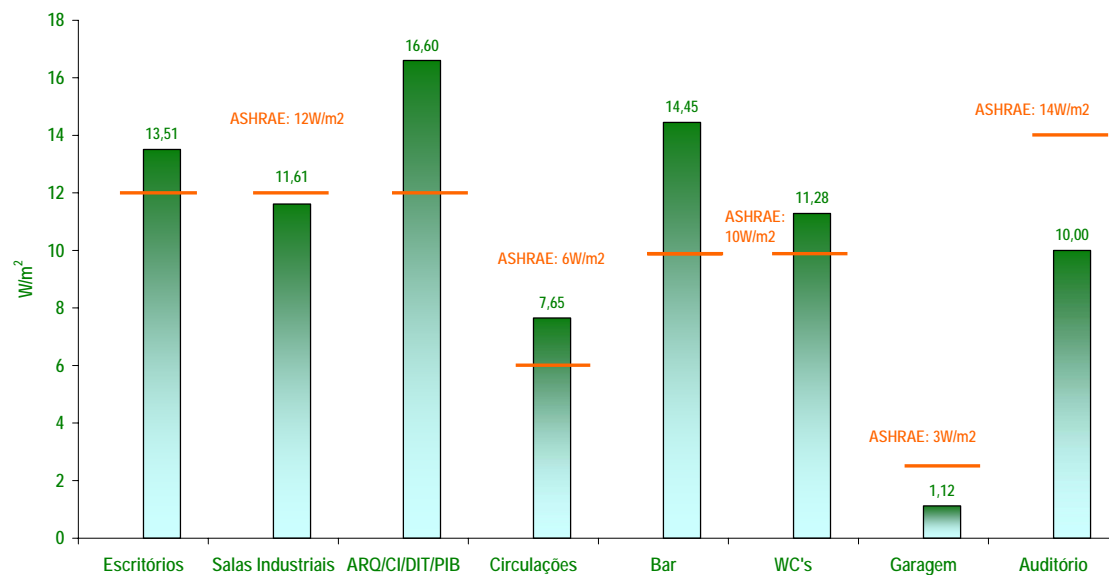


Figura 52 – Densidade de potência por tipologia (edifício NET)

A distribuição de potência instalada em iluminação, por tipologia está representada na Figura 53.

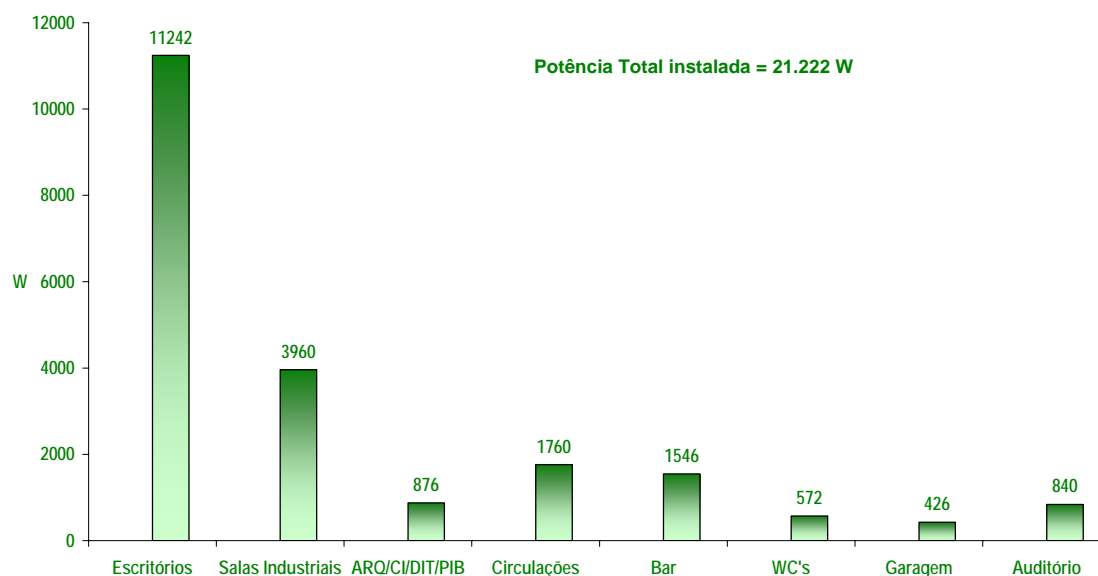


Figura 53 – Distribuição da Potência instalada por tipologia (edifício NET)

O edifício tem um contrato de alimentação em baixa tensão. Após a análise das facturas disponibilizadas para o período fornecido determinou-se um custo da electricidade de 0,1243 €/kWh. Da análise dos consumos totais, em electricidade, do edifício NET, estima-se que a iluminação é responsável por cerca de 29% da energia consumida no edifício, distribuindo-se como mostra a Figura 54

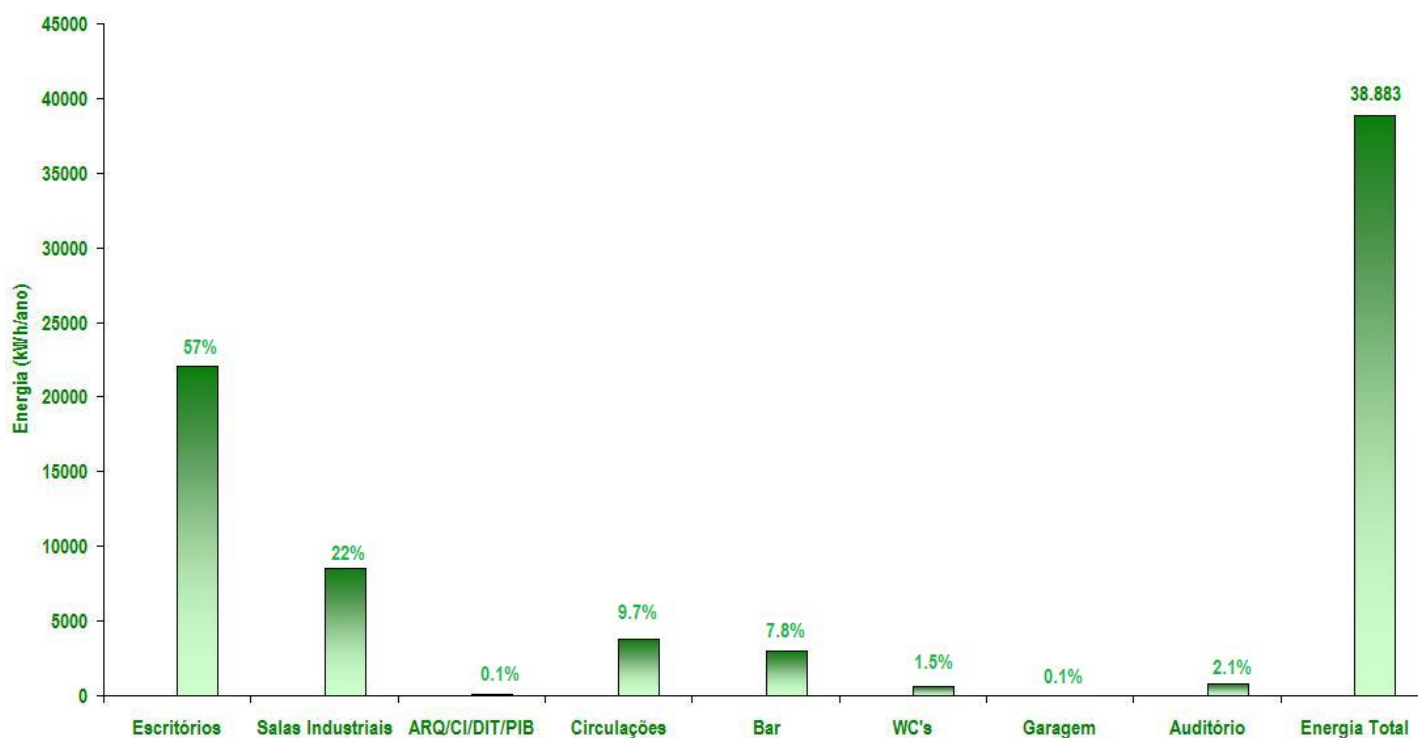


Figura 54 – Distribuição da Energia consumida em iluminação por tipologia (edifício NET)

Como se pode verificar, os escritórios são responsáveis pela maioria da energia consumida em iluminação, sendo responsável por cerca de 57% da energia consumida. Este resultado era esperado, visto tratar-se de um edifício de escritórios. As salas industriais não foram incluídas nesta tipologia, visto terem instalado equipamentos de características diferentes.

Estas instalações não apresentaram uma grande variedade de equipamentos instalados, sendo que apenas o bar tem instaladas lâmpadas incandescentes (halogéneos 50W), enquanto que o resto do edifício tem instaladas lâmpadas fluorescentes tubulares ou compactas. Nas circulações e no bar estão instalados balastros magnéticos, enquanto que no resto da instalação se encontram balastros electrónicos. A Figura 55 representa a distribuição de energia consumida por tipo de lâmpada.

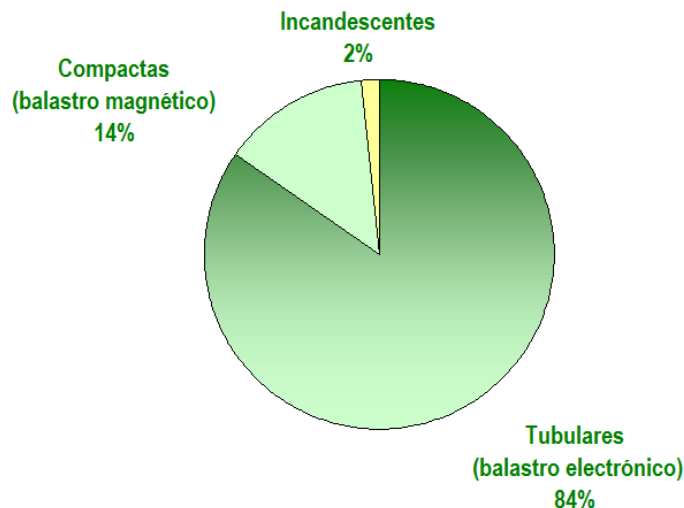


Figura 55 – Distribuição da energia consumida por tipo de lâmpada (edifício NET)

Foi feita uma análise aos consumos do edifício, em termos de iluminação, de forma a perceber o impacto ambiental que advém da utilização de energia estimada. Estes valores são apresentados na tabela seguinte.

Tabela 17 – Energia primária e emissões de CO₂ para o edifício NET, em iluminação

Energia Total [kWh]	38882,9
tep	8,4
ton CO ₂	18,3

Verifica-se que, em termos de energia primária, o edifício apresenta um consumo em iluminação de cerca de 8,4 tep. Em termos de emissões de gases de estufa, este edifício tem uma emissão de cerca de 18 toneladas de CO₂ por ano.

Apresentam-se, de seguida, algumas das medidas aplicáveis de forma a melhorar o desempenho do sistema de iluminação. A título de exemplo, será feita uma análise aos escritórios de área 36m², e, também, à substituição de balastros magnéticos por electrónicos nas circulações e no bar, visto esta substituição ser recomendada.

Estas salas têm instaladas seis luminárias com quatro lâmpadas fluorescentes (T8 18W/840) sendo o controlo efectuado através de dois interruptores, que controlam três luminárias cada, estando o zonamento tal que é possível controlar as luminárias perto das janelas. Podem ser aplicadas um conjunto de medidas, tais como substituição das lâmpadas instaladas por lâmpadas ECO da Philips, instalação de sensores de iluminação natural, ou instalação de reguladores de fluxo.

Substituindo lâmpadas de 18W por lâmpadas ECO 16W, obtêm-se os seguintes resultados:

Tabela 18 – Substituição de lâmpadas instaladas por lâmpadas ECO

Custo unitário lâmpada ¹⁷	6,24 €
Quantidade de lâmpadas	24
Investimento	149,76 €
Consumo actual	938,3 kWh/ano
Consumo c/ lâmpadas Eco	844,5 kWh/ano
Poupança	11,66 €
Tempo de retorno	12,8 Ano

A aplicação desta medida permite uma redução de consumos de cerca de 10%, o que equivale a uma poupança de cerca de 152€ por ano (para as treze salas desta tipologia). O tempo de retorno é elevado visto o controlo existente ser bastante refinado para a utilização em causa.

Foi, também, considerada a instalação de um sensor de iluminação natural por sala controlando as luminárias existentes na sala. Foi, assim, feita uma estimativa do horário e funcionamento:

- 6h às 9h: iluminação ligada a 100% durante um terço das horas;
- 9h às 17h: metade das luminárias ligadas durante um terço das horas;
- 17h às 20h: iluminação ligada a 100% no Inverno, e a 50% no Verão.

Desta análise, obtiveram-se os seguintes resultados:

Tabela 19 – Instalação de um Sensor de iluminação natural

Consumo Actual	938,35 [kWh]
Consumo c/ sensor	479,35 [kWh]
Poupança	57,05 €
Custo Sensor ¹⁸	55,00 €
Tempo Retorno	0,96 Ano

Obtém-se, assim, uma redução de consumos de cerca de 51%, equivalente a uma poupança de cerca de 742€ por ano (para as treze salas desta tipologia). Como o tempo de retorno do investimento é pequeno, é uma medida a considerar.

A instalação de equipamento de regulação de fluxo (balastro de classe A1) nas luminárias perto das janelas foi também analisada. Em relação aos horários de funcionamento, estes foram estimados considerando 13 horas por dia de acordo com a seguinte distribuição:

- Das 7h às 9h: iluminação ligada a 100% no Inverno, e 75% no Verão;
- Das 9h às 17h: iluminação ligada a 25% no Inverno e Verão;
- Das 17h às 20h: iluminação ligada a 100% no Inverno, e 75% no Verão.

¹⁷ Obtido do catálogo da Philips

¹⁸ Obtido do site <http://www.westsidewholesale.com/>

Este estudo originou os seguintes resultados:

Tabela 20 – Instalação de reguladores de fluxo

Consumo Actual	938,35 [kWh]
Consumo c/ balastro A1	841,07 [kWh]
Poupança	12,10 €
Custo balastro ¹⁹	82,36 €
Tempo Retorno	6,8 Anos

É, assim, possível obter uma redução nos consumos de cerca de 11%, equivalente a uma poupança de cerca de 157€ por ano (para as treze salas desta tipologia). A instalação de reguladores de fluxo tem um tempo de retorno do investimento elevado, de cerca de 7 anos.

Considerando a substituição de balastros magnéticos de classe B1, por balastros electrónicos nas circulações e no bar, é necessário ter em conta que também é necessário a troca de lâmpadas, visto as que estão instaladas não poderem ser operadas por balastros electrónicos de classe A2. O custo unitário das lâmpadas foi obtido do catálogo da Philips, e o custo unitário do balastro foi retirado do catálogo da Literite, empresa distribuidora de equipamento para iluminação. A Tabela 21 resume a aplicação desta medida.

Tabela 21 – Substituição de balastros magnéticos por electrónicos (A2), nas circulações e bar do edifício NET

Consumo Actual	7833,6 kWh/ano
Consumo com balastro electrónico A2	6201,6 kWh/ano
Poupança	202,86 €
Custo balastro	14,07 €
Custo lâmpada	6,64 €
Investimento	1.859,80 €
Tempo de retorno	9,17 Anos

Esta medida apresenta um tempo de retorno elevado, cerca de 9 anos, sendo uma medida que beneficiaria a instalação, do ponto de vista da eficiência energética. Esta medida deveria ter sido analisada ainda na fase de projecto da instalação, sendo, actualmente, um investimento difícil de amortizar que apenas uma administração prolongada considerará.

Outras medidas foram também analisadas, como a instalação de sensores de ocupação e de iluminação natural nas salas de 18m², e a instalação de sensores de iluminação natural no bar.

¹⁹ Balastro HF Regulator 4x18W da Philips

A Tabela 22 resume a aplicação de todas as medidas identificadas, explicitando os consumos, o investimento total necessário, a poupança obtida (em €, kWh, ton CO₂, tep, e em percentagem face à situação actual) e o tempo de retorno.

Tabela 22 – Tabela resumo da aplicação das medidas identificadas ao edifício NET

Consumo Actual		38882,9 kWh/ano
Consumo após aplicação das medidas		24827,7 kWh/ano
Poupança Total		1747,10 €
Investimento Total		10739,9 €
Economia	€	1747,6
	kWh	14055,2
	ton CO ₂	6,6
	tep	3,0
	%	36
Retorno Global		6,1 Anos

Foi, assim, possível reduzir os consumos em que o edifício incorre em cerca de 3 tep, equivalente a uma emissão de 6,6 toneladas de CO₂. Face ao consumo actual, estas medidas traduzem-se numa redução de consumos de cerca de 36%.

6.2 – Complexo Hoteleiro

O segundo caso de estudo é relativo a um complexo hoteleiro na região centro do país, tendo sido levado a cabo durante uma semana, com o objectivo de efectuar um diagnóstico energético das instalações. O complexo hoteleiro é composto por três hotéis, e um corpo de ligação entre os hotéis 2 e 3, o embasamento. Este complexo tem uma área total de cerca de 44.545 m².

Foram definidas as zonas de maior relevância, tendo sido definidas como principais tipologias:

- Quartos (Área \approx 20833 m²);
- Circulações (Área \approx 7708 m²);
- Zonas técnicas (Área \approx 4111 m²);
- Parque estacionamento (Área \approx 6561 m²);
- Exterior;
- Outros (inclui piscinas, ginásios, refeitórios, restaurantes, salas conferencia, etc; Área \approx 5332 m²).

A análise foi feita por amostra, devido às dimensões das instalações. Em relação aos quartos, tipologia com maior diversidade, foi visitado um quarto de cada tipo, de acordo com análise de plantas de projectos, cedidas pela equipa responsável pelo complexo. A análise foi feita considerando quartos semelhantes aos visitados.

A Tabela 23 apresenta um resumo das características dos principais equipamentos instalados. Nesta caracterização foram apenas considerados os equipamentos com maior relevo a nível das potências e respectivos consumos no complexo. Os equipamentos apresentados na Tabela 23 representam cerca de 90% da potência total instalada em iluminação no complexo hoteleiro.

Tabela 23 – Características dos principais equipamentos existentes no complexo hoteleiro

Equipamento	Balastro	Quantidade	Eficácia [lm/W]	Potência [W]
Halógeno 50W	-	2783	-	50
CFL 13W/840	Electrónico	3961	53	14
CFL 18W/840	Electrónico	1287	50	19
TLD 18W/840	Electrónico	470	71	19
TLD 58W/840	Electrónico	402	95	55
	Magnético	9	74	70
TLD 36W/840	Electrónico	3474	93	36
	Magnético	328	74	45
T5 21W/830	Electrónico	144	88	24
T5 35W/840	Electrónico	90	94	39

Após o tratamento dos dados recolhidos foi possível determinar a potência instalada em iluminação para os diferentes hotéis e a sua distribuição por tipologia, perceber onde é consumida a energia, o peso relativo a cada tipo de lâmpada em termos de potência e energia, e a posição da instalação face às recomendações. Da análise das facturas disponibilizadas foi, também, possível determinar potência total instalada, cerca de 1062,5 kW, e o consumo total de energia no complexo, cerca de 2553 MWh/ano.

A Figura 56 apresenta a distribuição da potência em iluminação no complexo hoteleiro. A distribuição de potência nos diferentes hotéis é apresentada em anexo.

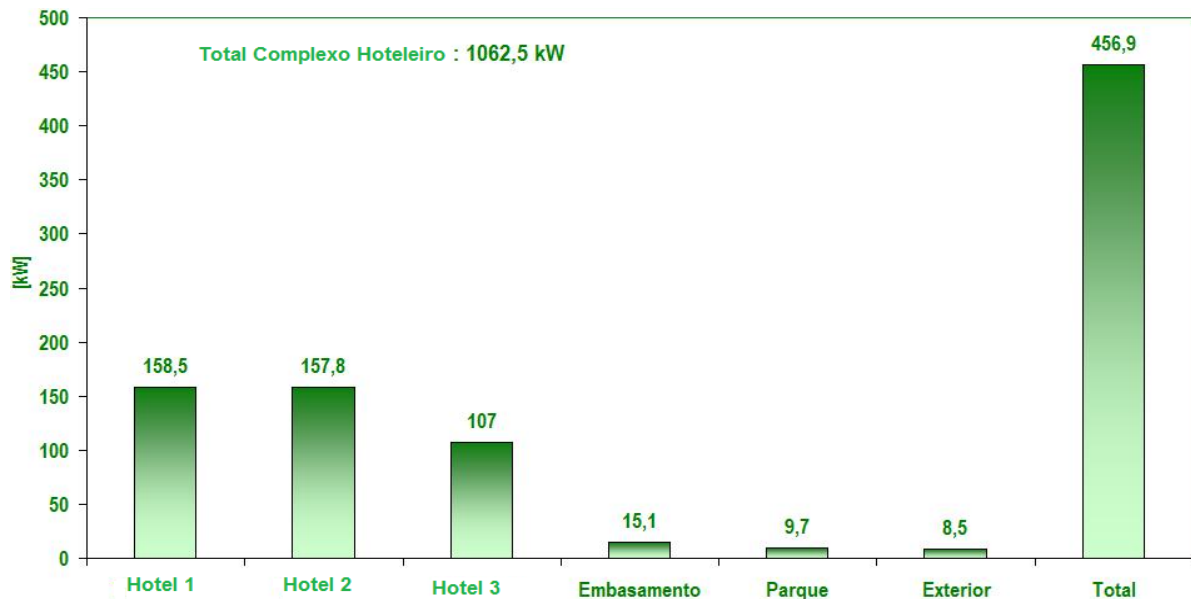


Figura 56 – Potência instalada no complexo hoteleiro

Como se pode confirmar na figura, os hotéis 1 e 2 têm potências instaladas semelhantes, e o hotel 3 é o que tem menor potência instalada. Esta diferença pode ser explicada pela quantidade de lâmpadas incandescentes (halogéneos 50W) que os hotéis 1 e 2 têm instaladas.

Apresenta-se de seguida a distribuição desta potência por tipologia.

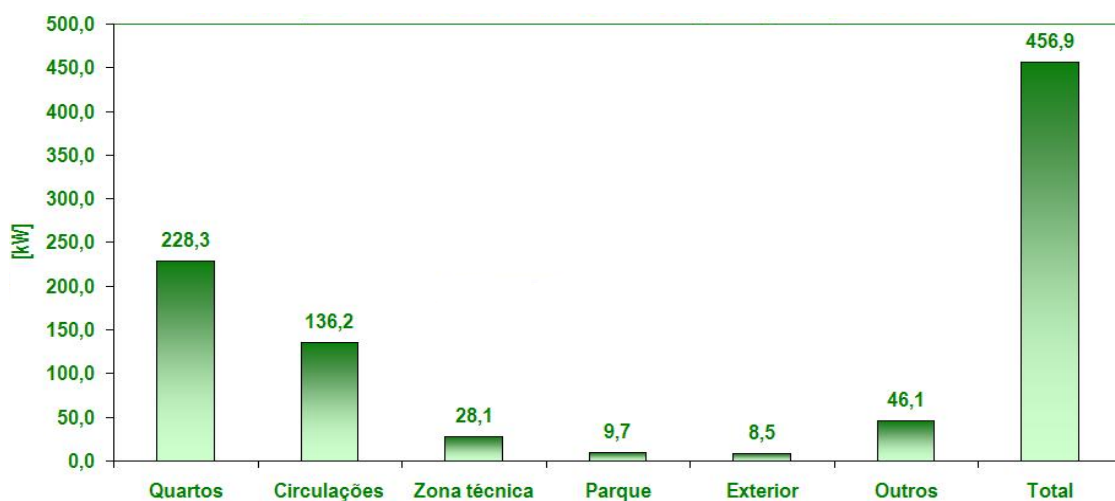


Figura 57 – Distribuição da potência total instalada por tipologia de uso

A análise dos gráficos anteriores permite perceber de que forma a potência instalada no complexo se distribui nas diferentes tipologias de uso, sendo de referir que a maioria da potência está instalada em quartos e circulações.

Em termos de equipamentos instalados, a Figura 58 explicita a distribuição de potência por tipo de lâmpada, assim como a sua eficácia.

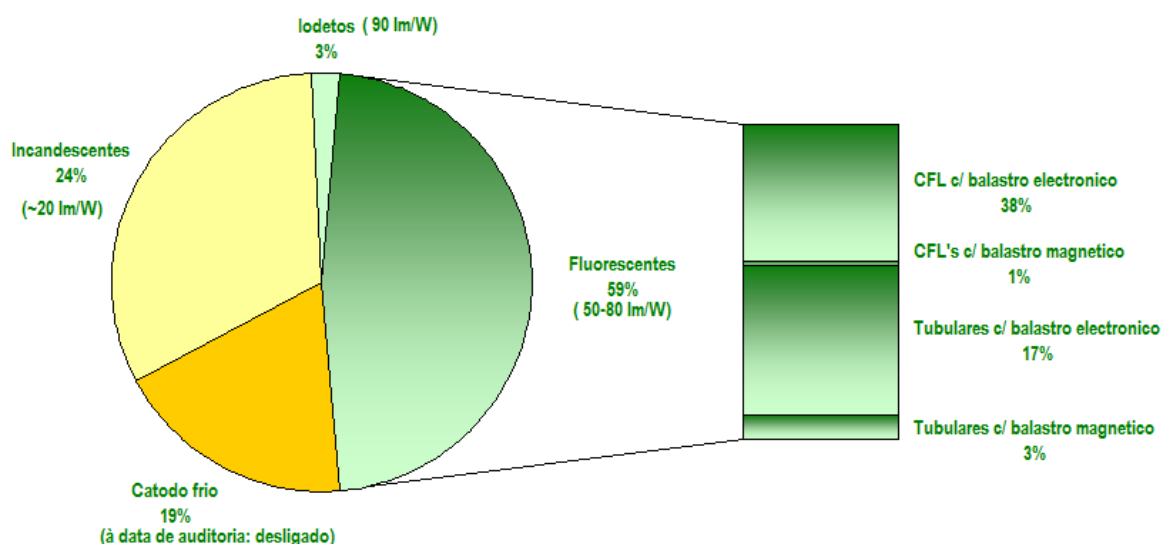


Figura 58 – Distribuição da potência total instalada por tipo de lâmpada

Como é possível ver, cerca de um quarto da potência está instalada em lâmpadas incandescentes, de baixa eficácia, sendo que a maioria da potência está instalada em lâmpadas fluorescentes (tubulares e compactas). Do ponto de vista da gestão de energia, é já possível estabelecer uma medida de intervenção com vista à melhoria de eficiência energética, através da substituição de lâmpadas incandescentes.

Apresenta-se também a percentagem destas lâmpadas operadas com balastros magnéticos e electrónicos. A parcela relativa ao cátodo frio²⁰, estando desligada, representa um investimento que não está a ser aproveitado, de acordo com os responsáveis da instalação, por razões técnicas relativas aos transformadores necessários para o funcionamento deste tipo de lâmpada. Estas lâmpadas encontram-se instaladas nos hotéis 2 e 3.

Sabendo qual a potência instalada, a sua distribuição em termos de tipologias e tipo de lâmpadas, será analisada a densidade de potência (W/m^2), parâmetro que permite comparar instalações distintas, para cada edifício, referindo os valores recomendados na ASHRAE 90.1.

A Figura 59 apresenta os resultados desta análise.

²⁰ As lâmpadas de cátodo frio de 30W/m estão instaladas nas circulações de quartos, em sancas, nos hotéis 2 e 3.

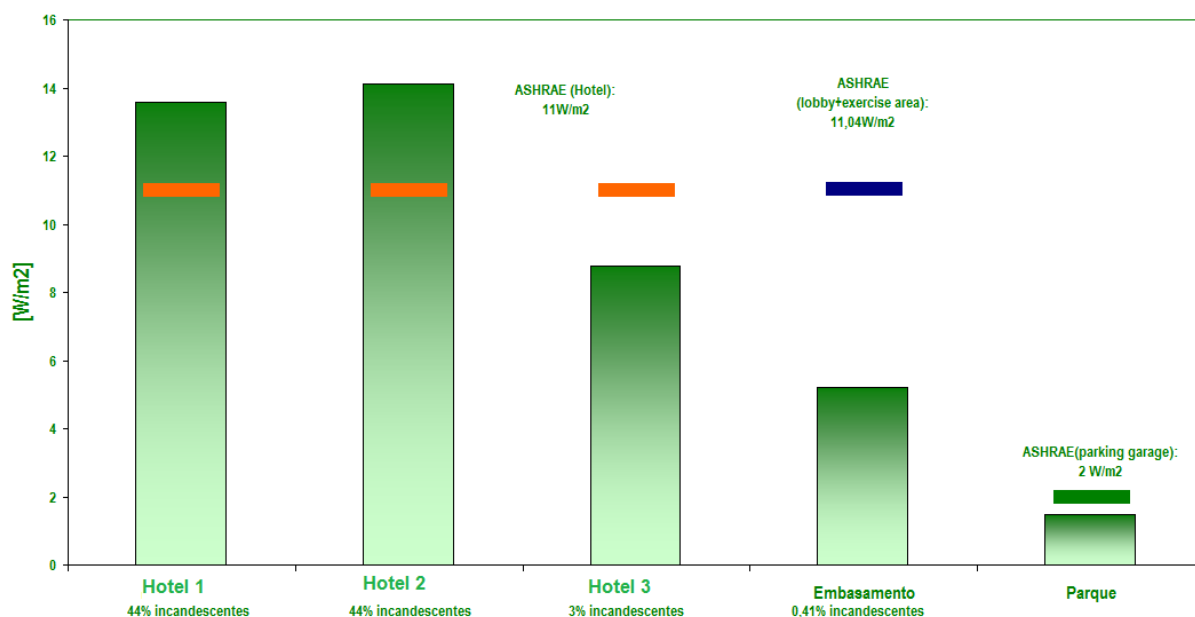


Figura 59 – Densidade de Potência no complexo hoteleiro

De referir que os dois primeiros edifícios estão claramente acima do recomendado, 11W/m^2 . Estes dois edifícios têm uma grande percentagem de lâmpadas incandescentes (halógenos de 50W) instaladas, o que pode explicar os resultados obtidos.

Após a interpretação destes dados, analisa-se a forma como a energia está a ser consumida nos três hotéis, assim como a sua distribuição por tipologias de uso e por tipo de lâmpada, o que permitirá compreender se a energia está a ser consumida em equipamentos mais ou menos eficientes e em que tipologias. Esta análise permitirá também aferir quanto ao peso da iluminação nos consumos dos hotéis, através do tratamento de facturas fornecidas. A energia consumida foi calculada com base nas horas de funcionamento, determinadas a partir de dados fornecidos em entrevistas com responsáveis, obtidos da gestão técnica centralizada (GTC) ou por estimativas efectuadas com base no controlo existente, apresentado em anexo para os diferentes hotéis, de acordo com as diferentes tipologias encontradas no complexo.

A Figura 60 apresenta a estimativa de consumos anuais de energia²¹, em MWh, para os diferentes hotéis.

²¹ Considerando 365 dias num ano.

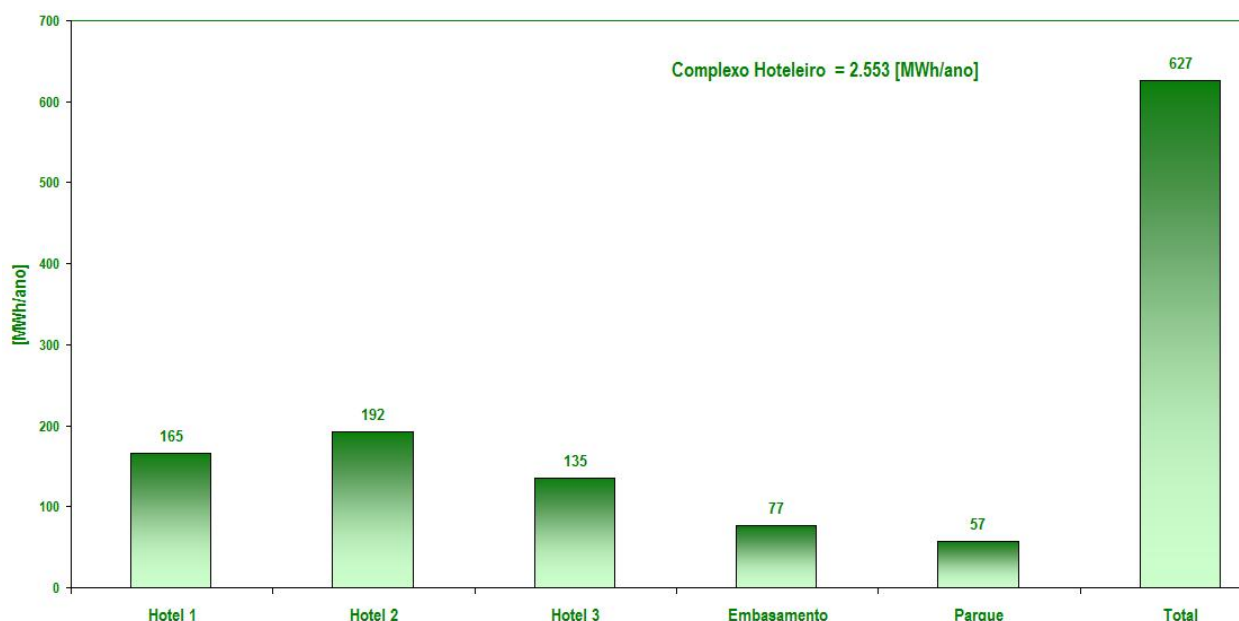


Figura 60 – Consumo estimado de Energia para o complexo hoteleiro

Sabendo a energia consumida em cada hotel, apresenta-se a sua distribuição por tipologia de uso, realçando, nas circulações, o consumo caso as sancas com lâmpadas de cátodo frio estivessem ligadas. No caso dos quartos, foi feita uma estimativa do número de horas de funcionamento através de um procedimento estabelecido na norma EN 15193:2007, tendo em conta factores de controlo, ocupação e ausência, e considerando um numero padrão de horas de funcionamento de 5000 horas (anexo G da norma – Hotéis). Esta estimativa foi ainda afectada de uma factor relacionado com as taxas de ocupação dos hotéis visto a ocupação apresentar uma forte sazonalidade.

A Figura 61 apresenta a distribuição de energia consumida no complexo, por tipologia de uso.

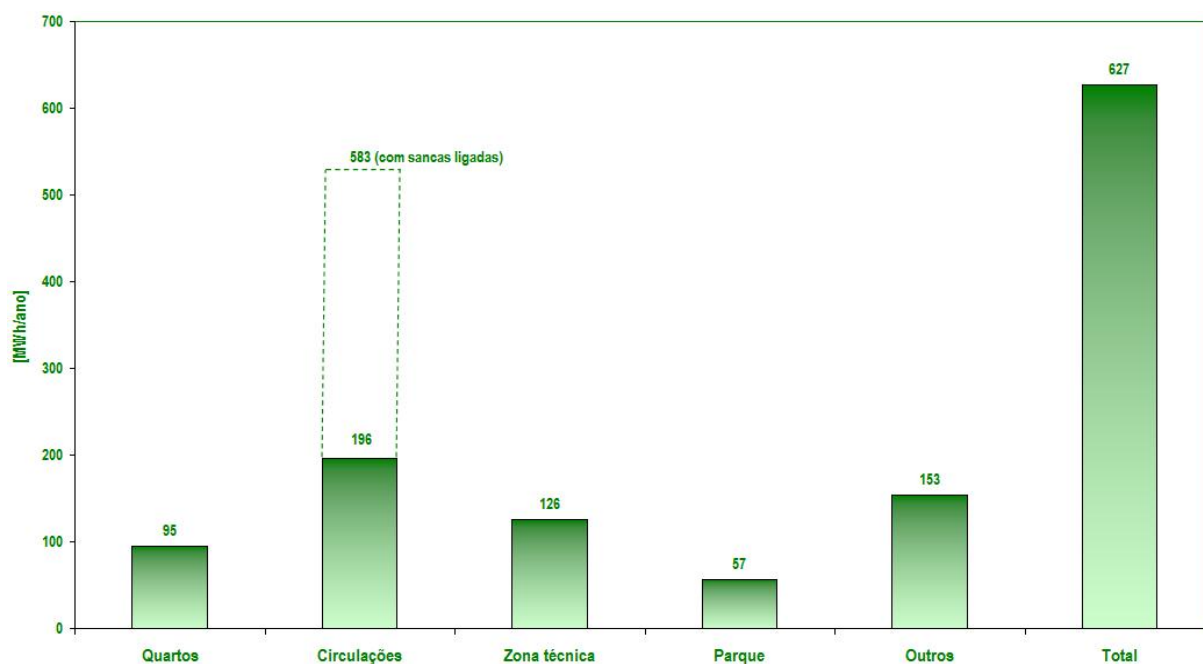


Figura 61 – Distribuição estimada dos Consumos de energia por tipologia de uso

Como se pode observar na Figura 61, se as sancas estivessem ligadas, o complexo hoteleiro incorreria em consumos muito superiores. Este investimento foi efectuado com vista a suprir um serviço que não está a ser fornecido e que implicaria os consumos indicados na Figura 61. No caso das sancas estarem ligadas, seria benéfico para a instalação a substituição destas lâmpadas por lâmpadas de maior eficácia e menor consumo (por exemplo por lâmpadas fluorescentes tubulares de 16mm, como se verifica no hotel 1). Medições de iluminância deveriam ser efectuadas de forma a perceber se, na situação actual (sancas desligadas), os níveis mínimo recomendados são respeitados.

Para aferir quanto ao tipo de equipamentos onde a energia está a ser consumida, foi feita uma representação gráfica em que é discriminado o peso relativo a cada tipo de lâmpada nos consumos totais de iluminação. Esta representação foi efectuada sem incluir o parque de estacionamento, e a iluminação exterior. A iluminação no parque de estacionamento é feita exclusivamente por lâmpadas fluorescentes tubulares. No caso da iluminação exterior, cerca de 93% da energia é consumida em lâmpadas de iodetos metálicos.

A distribuição da energia consumida por tipo de lâmpada está representada na Figura 62. As lâmpadas instaladas são do tipo fluorescente (tubulares e compactas), incandescentes (halogéneos e incandescentes convencionais) e iodetos metálicos.

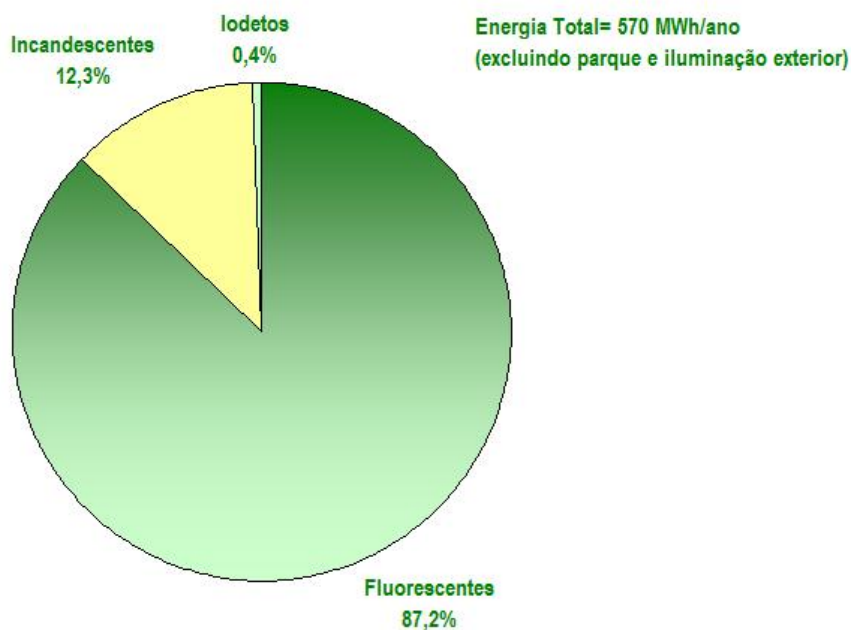


Figura 62 – Distribuição da Energia consumida por tipo de lâmpada no complexo hoteleiro

Comparando a distribuição por tipo de lâmpada em termos de potência e energia consumida, percebe-se que, as lâmpadas fluorescentes têm um grande peso nestes factores, 59% em termos de potência instalada e cerca de 87% em termos de energia. As

incandescentes representam cerca de 12% dos consumos, estando na sua maioria instaladas em quartos, em que o controlo é sobretudo manual. A sua substituição por lâmpadas de maior eficácia é, de facto, uma medida a ter em conta na redução de consumos dos hotéis.

Da análise das facturas disponibilizadas pelos responsáveis do complexo hoteleiro, foi possível perceber o peso nos consumos totais em electricidade dos edificios em iluminação. A iluminação representa, assim, cerca de 25% da factura em energia eléctrica do complexo hoteleiro. Esta análise permitiu, também, determinar o custo médio da electricidade para os hotéis (contratação em média tensão). Os hotéis 2 e 3 e o embasamento partilham o mesmo posto de fornecimento de electricidade (posto de transformação), tendo, por isso, sido determinado um custo médio da electricidade para os três corpos em conjunto. Assim, a energia eléctrica tem um custo médio de 0,0867 €/kWh, enquanto que para o hotel 1, este custo é de 0,0865 €/kWh.

Analisando estes consumos em termos de energia primária, em toneladas equivalentes de petróleo e em toneladas de CO₂ emitidos anualmente, em relação à iluminação, obtém-se a Tabela 24:

Tabela 24 – Energia primária e emissões de CO₂ para o complexo hoteleiro em iluminação

	Energia (kWh/ano)	tep	ton CO ₂
Hotel 1	165.461	35,6	77,8
Hotel 2	192.434	41,4	90,4
Hotel 3	134.563	28,9	63,2
Embasamento	77.371	16,6	36,3
Parque + Exterior	98.497	21,2	46,3
Total	668.326	143,7	314

O complexo hoteleiro consome, assim, cerca de 143,7 tep, equivalente a 314 toneladas de CO₂.

Durante a visita às instalações, foi referido pelos responsáveis, a intenção de substituir nos quartos dos hotéis 1 e 2, as lâmpadas incandescentes (halogéneos de 50W) por LED's de 5W. Foi efectuado esse estudo de forma a perceber as implicações da aplicação dessa medida.

A Figura 63 apresenta a densidade de potência, por hotel, com a substituição mencionada acima, assim como a situação actual, a tracejado.

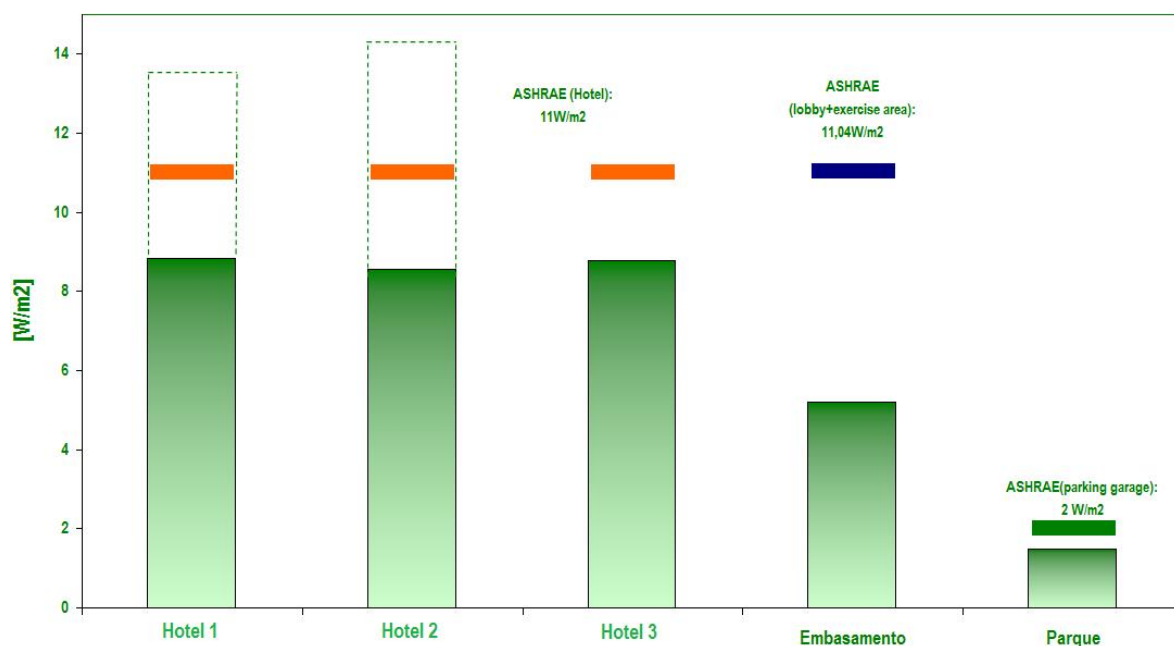


Figura 63 – Densidade de Potência com instalação de LED's
(a situação actual está representada a tracejado)

Como se pode verificar, com esta substituição de lâmpadas, os hotéis 1 e 2 ficariam numa boa posição, face às recomendações, tendo uma densidade de potência abaixo do máximo recomendado para hotéis.

Em termos de consumos de energia eléctrica, o complexo hoteleiro teria a seguinte distribuição por hotel:

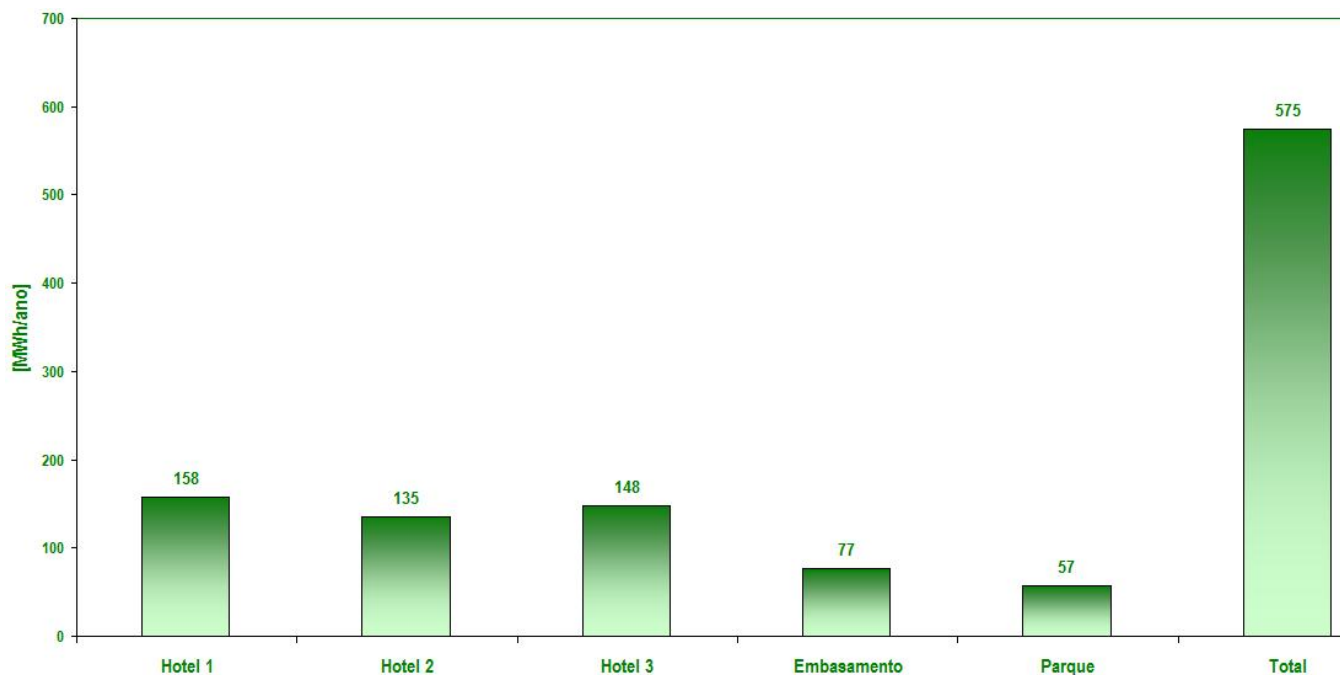


Figura 64 – Distribuição de Energia consumida por hotel, com LED's

A distribuição de energia consumida por tipologia, considerando a substituição de incandescentes por LED's é apresentada na figura seguinte, sendo também apresentada a situação actual, a tracejado.

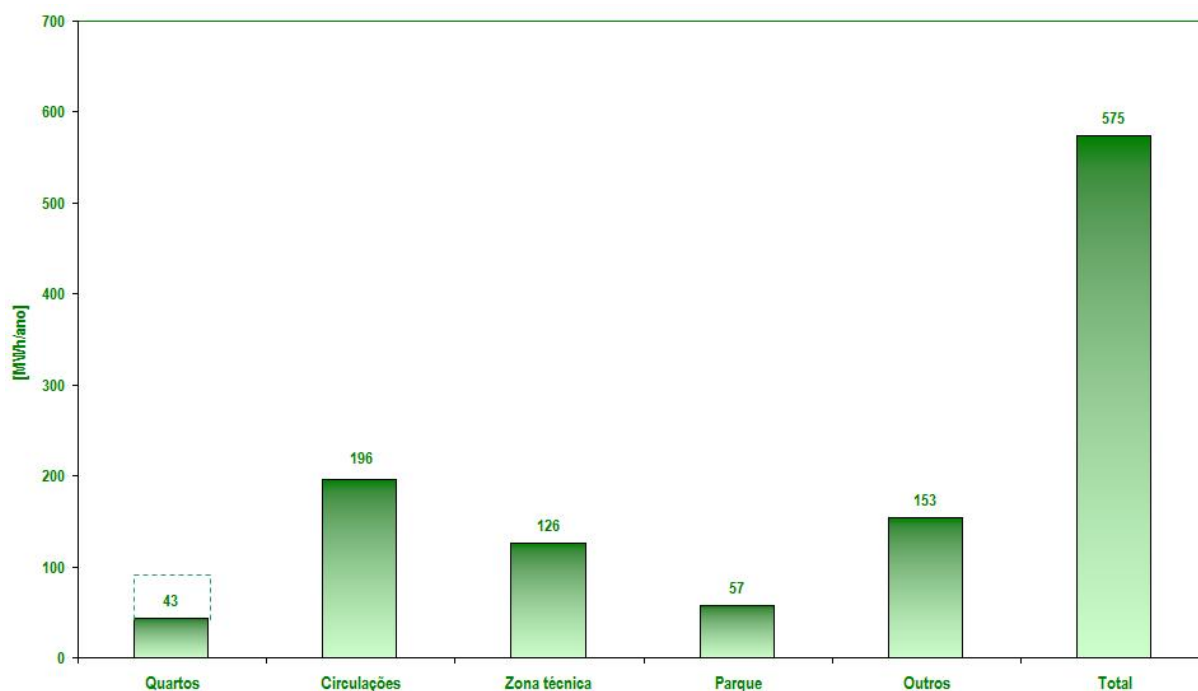


Figura 65 – Distribuição de energia por tipologia após a substituição de incandescentes por LED's (a situação actual está representada a tracejado)

Como seria de esperar, a energia consumida nos quartos reduz-se muito, cerca de 45%, através da substituição das lâmpadas incandescentes halogéneas de 50 W, por LED's de 5W.

Fazendo uma análise aos consumos associados a esta substituição, assim como ao investimento necessário (cerca de 2730 lâmpadas), obtém-se a seguinte tabela:

Tabela 25 – Substituição de incandescentes por LED's

Custo unitário lâmpada	38,94 €
Investimento	106.304 €
Redução de Consumos	51.982 kWh/ano
Poupança	4.496,3 €/ano
Tempo Retorno	~24 Anos

Trata-se de um investimento com período de retorno elevado, mas que coloca os hotéis 1 e 2 em conformidade com o recomendado pela ASHRAE para hotéis, em termos de densidade de potência. É, também, uma medida a ter em conta, visto a substituição de lâmpadas incandescentes por outras de maior eficiência ser uma medida recomendada. O tempo de retorno pode ser explicado pelo custo elevado das lâmpadas, e pelas (poucas) horas de funcionamento associadas aos quartos, visto a ocupação ter um grande factor de aleatoriedade.

Foi também analisada a substituição de balastros magnéticos de classe C por balastros electrónicos de classe A2. Esta medida é importante do ponto de vista da eficiência energética, sendo uma medida comumente sugerida. Os balastros foram escolhidos do catálogo da Philips, tendo sido escolhido o balastro HF Performer. As lâmpadas operadas com balastro magnético são do tipo fluorescente tubular, tendo potências de 18W, 36W e 58W, e localizam-se na grande maioria em zonas técnicas. A tabela seguinte resume a aplicação desta medida.

Tabela 26 – Substituição de balastros magnéticos por balastros electrónicos

Custo unitário balastro ²²	23,26 € (operam uma lâmpada) 25,32 € (operam duas lâmpadas)
Investimento	7118,68 €
Redução de Consumos	14951,5 kWh/ano
Poupança	1293,3 €/ano
Tempo Retorno	5,5 Anos

Uma outra medida interessante de analisar é a instalação de sensores de ocupação nas circulações de pisos (responsáveis por cerca de 31% da energia consumida em iluminação) que comandem as luminárias com lâmpadas fluorescentes compactas. Foi estimado um racional, considerando que com a instalação destes sensores, um terço da iluminação fica sempre ligada de acordo com o horário estabelecido na GTC, enquanto que os restantes dois terços são comandados pelos sensores, ficando ligadas durante metade do tempo definido pelo respectivo horário. Esta estimativa foi feita tendo em conta a aleatoriedade de ocupação. O custo do sensor foi obtido do site de uma empresa distribuidora de produtos electrónicos²³. Foi considerado que os restantes equipamentos instalados como as lâmpadas instaladas nas sancas mantiveram o seu horário de funcionamento.

Os resultados obtidos desta análise são apresentados na Tabela 27.

Tabela 27 – Instalação de sensores de movimento nas circulações

Custo unitário sensor	24 €
Investimento ²⁴	1.008 €
Redução de Consumos	27389,6 kWh/ano
Poupança	2.369,2 €/ano
Tempo Retorno	0,43 Anos

Dado o tempo de retorno obtido para este investimento, é uma medida a considerar, sendo o investimento rapidamente amortizado.

²² O custo destes balastros é igual para as várias potências de lâmpadas em causa.

²³ <http://www.bakaus-portugal.com/>

²⁴ Foi considerado um sensor por piso, para os três hotéis

A Figura 66 mostra a energia consumida em iluminação para o complexo hoteleiro, com a aplicação das medidas referidas, assim como a situação actual:

- Troca de incandescentes nos quartos por LED's;
- Substituição de balastros magnéticos por electrónicos;
- Instalação de sensores de ocupação nas circulações de quartos.

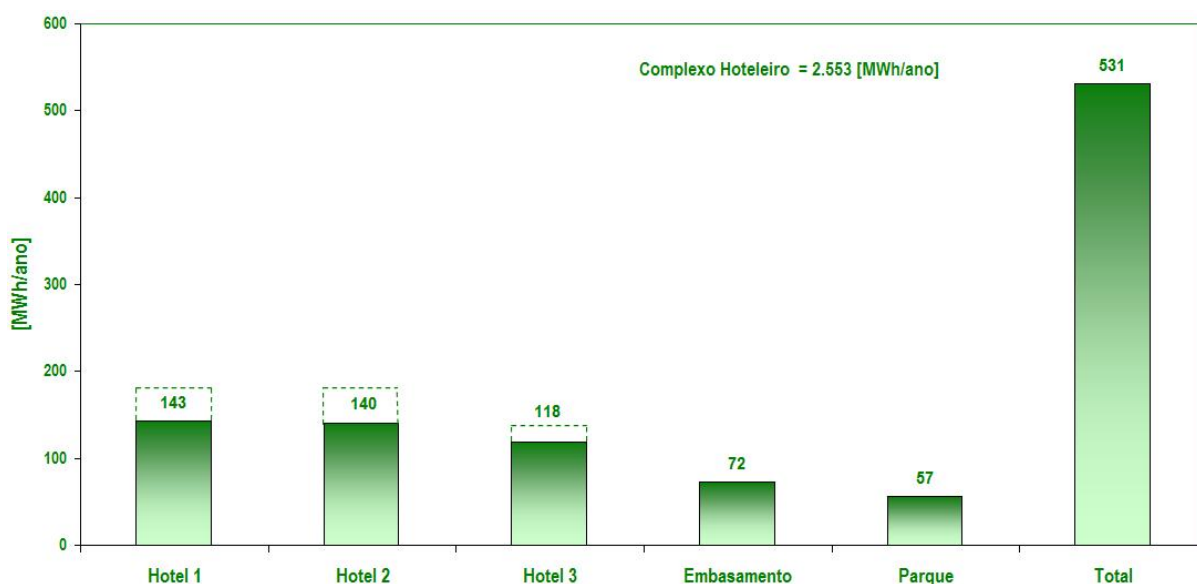


Figura 66 – Estimativa do consumo de energia no complexo hoteleiro após aplicação das medidas sugeridas

Analisando estes consumos em termos de energia primária, em toneladas equivalentes de petróleo e em toneladas CO₂ emitidas anualmente, após a aplicação conjunta das medidas identificadas acima, obtiveram-se os seguintes resultados, apresentados na Tabela 28.

Tabela 28 – Energia primária e emissões de CO₂ para o complexo hoteleiro em iluminação após aplicação das medidas sugeridas.

	Energia (kWh/ano)	tep	ton CO ₂
Hotel 1	142.867	30,7	67,2
Hotel 2	140.274	30,2	65,9
Hotel 3	118.418	25,5	55,7
Embasamento	72.185	15, 2	33,9
Parque + Exterior	98.497	21,2	46,3
Total	572.241	122,8	269,0

A instalação terá, assim, um consumo de cerca de 123 tep equivalente a uma emissão de cerca de 269 toneladas de CO₂ por ano. Comparando estes valores com os obtidos na Tabela 24, verifica-se uma redução dos consumos de cerca de 21 tep por ano. Em termos das emissões de CO₂, constata-se uma redução de cerca de 45 toneladas de CO₂ por ano. Estes valores são apresentados na tabela.

Tabela 29 – Tabela resumo da aplicação das medidas identificadas no complexo hoteleiro

Consumo Actual		668326 kWh/ano
Consumo após aplicação das medidas		572241 kWh/ano
Investimento Total		114430,70 €
Economia	€	8311,35
	kWh	96085
	ton CO ₂	45
	tep	21
	%	14,4
Retorno Global		13,8 Anos

Após a análise dos resultados obtidos, o gestor deverá acompanhar a implementação das medidas identificadas e os investimentos em equipamento mais eficiente. Torna-se, assim, possível um afinamento da situação energética dos edifícios, garantindo a implementação destas medidas, assim como o cumprimento de rotinas de forma a perceber a evolução das instalações. Este procedimento permitirá ao gestor o ajuste dos consumos às necessidades dos ocupantes e dos níveis de conforto necessários.

7. Conclusões

Após a realização deste Projecto, é possível tirar algumas conclusões quanto à gestão de energia em edifícios. Como explicado anteriormente, nem sempre os resultados de uma auditoria convencional se traduzem na aplicação das medidas identificadas, com vista à redução de consumos, aumento da eficiência energética e conforto do utilizador. A gestão de energia é um meio para atingir objectivos de produtividade e competitividade nas empresas de todos os sectores da actividade económica [36], e objectivos ambientais. O gestor de energia deve fazer um planeamento e acompanhamento da implementação de medidas de eficiência e conforto, assim como do percurso energético da instalação. Com este acompanhamento, o gestor poderá adequar os perfis de utilização de energia às necessidades, visto estas poderem variar ao longo do tempo.

Da análise dos resultados obtidos, é possível perceber que o gestor deve estar sempre ciente das boas práticas recomendadas – *Best Practices*. Estas noções permitem a identificação quase imediata de situações que possam comprometer a eficiência energética da instalação, tais como a falta de aproveitamento de iluminação natural, falhas no controlo (como interruptores de difícil acesso, ou que controlam muitas luminárias, não permitindo um zonamento adequado, ou não-aproveitamento de iluminação natural), equipamentos de baixa eficiência (lâmpadas incandescentes devem ser evitadas/substituídas por lâmpadas de maior eficiência), potências superiores ao necessário, situações de possível desconforto do utilizador (como níveis de iluminação insuficientes, ou temperaturas desadequadas) ou de desperdício de energia, como por exemplo lâmpadas acesas quando não se encontra ninguém no espaço. Este conhecimento das *Best Practices* permite também a identificação de situações de eficiência e utilização racional de energia já existentes na instalação. De referir que uma medida sempre válida para evitar desperdício de energia passa pela sensibilização dos utilizadores para a problemática da conservação e utilização racional de energia. Esta medida pode ser tão simples como a afixação de cartazes alertando o utilizador para, por exemplo, desligar a iluminação quando esta não é necessária [14], até acções de formação e sensibilização por parte da administração.

Analisando os resultados obtidos, podemos concluir que, no primeiro caso de estudo – Edifício NET, os níveis de iluminação e densidades de potência são, na sua maioria superiores ao recomendado. Isto significa que a potência instalada é excessiva, o que não traz benefícios para o utilizador, visto os níveis mínimos de iluminância serem respeitados. Houve, assim, um investimento desnecessário ao nível do projecto.

Foi também possível identificar um conjunto de medidas a aplicar, que melhorariam o desempenho da instalação. Tais medidas podem ser, como sugerido, a substituição de lâmpadas, instalação de sensores de iluminação natural e/ou de ocupação, instalação de aparelhos com regulação de fluxo, pelo menos, nas luminárias perto das janelas. Outras medidas foram também avaliadas, assim como a sua viabilidade, como por exemplo, a substituição de balastros magnéticos por balastros electrónicos, nas circulações, medida que teria um tempo de retorno de investimento de cerca de 9 anos. Esta medida tem um tempo de retorno elevado visto, neste caso, ser também necessário adquirir novas lâmpadas, que possam ser operadas com balastros electrónicos. A instalação de sensores de iluminação natural nos escritórios apresenta um tempo de retorno reduzido, cerca de 1 ano, sendo um exemplo de uma medida a ter em conta, em termos da eficiência energética.

Após o tratamento dos dados reunidos, verificou-se que a iluminação representa cerca de 29% da energia eléctrica consumida no edifício.

Em termos de energia primária, verifica-se que esta instalação tem um consumo de cerca de 8,4 tep, equivalente a 18,3 toneladas de CO₂ emitidos anualmente, em iluminação.

Em relação ao segundo caso de estudo, verifica-se que os hotéis 1 e 2 apresentam valores de densidade de potência superiores ao recomendado. Tal deve-se a uma potência instalada elevada em relação à área afectada a essa potência, ou, devido ao elevado número de lâmpadas incandescentes instaladas. A substituição destas lâmpadas por LED's, como sugerido pelos responsáveis, é uma medida que, embora tenha um período de retorno elevado, permite corrigir estes níveis elevados de densidade de potência.

Verifica-se, também, que cerca de 87% do consumo de energia está associado a lâmpadas fluorescentes, lâmpadas de boa eficiência energética. Estas lâmpadas são na grande maioria operadas por balastros electrónicos.

Após o tratamento dos dados reunidos, verificou-se que a iluminação representa cerca de 25% da energia eléctrica consumida no complexo hoteleiro.

Em termos de energia primária, verifica-se que o complexo hoteleiro tem um consumo de 143,7 tep, equivalente a uma emissão anual de 314 toneladas de CO₂, em iluminação.

Em relação à substituição de lâmpadas sugerida, seria necessário fazer medições de iluminância, de forma a perceber de que forma esta alteração afecta os utilizadores. Os níveis recomendados devem ser assegurados. Esta substituição tem um tempo de retorno de investimento de cerca de 24 anos, o que pode ser explicado pelo custo elevado dos LED's e pelos horários de funcionamento determinados, fortemente dependentes das taxas de ocupação dos hotéis.

Foram também analisadas outras medidas como a substituição de balastros ou instalação de sensores de ocupação nas circulações dos pisos de quartos. Estas medidas têm, respectivamente, tempos de retorno de cerca de 5,5 anos e 0,43 anos (cerca de 5 meses).

A aplicação destas medidas permitiu uma redução nos consumos de cerca de

15%, equivalente a cerca de 20,6 tep e, uma redução das emissões de CO₂ de cerca de 45 toneladas por ano.

Após a análise dos casos de estudo, é possível concluir que, em termos de gestão de energia, é, de facto, necessário um acompanhamento prolongado da instalação, de forma a poder caracterizar completamente a situação energética da instalação, e poder estabelecer as medidas aplicáveis com vista à melhoria da eficiência energética.

Conclui-se, assim, que é possível iniciar a formação de um gestor de energia num período de tempo relativamente curto, em termos de iluminação, tendo em atenção as necessidades de formação e documentação, assim como de análise dos dados recolhidos. De referir que esta formação é um processo contínuo e que deve ser acompanhado.

Com efeito, após a aplicação dos conhecimentos obtidos aos casos de estudo foi possível identificar medidas com vista à melhoria da eficiência energética das instalações, de forma a obter uma redução de consumos, na área da iluminação, através da aplicação de *Best Practices*. Estas medidas traduziram-se, de facto, na redução de consumos das instalações analisadas, assim como na redução das emissões de CO₂ dos edifícios, reduzindo assim a sua pegada carbónica. Assim, é possível afirmar que “a gestão de energia constitui um meio eficaz para minorar as dificuldades da crise energética utilizando técnicas de custo não elevado, de fácil aplicação e com resultados positivos a curto prazo, [...], sem com isso agravar as condições de utilização de energia, por parte do consumidor” [40].

7.1 – Considerações Finais

A sustentabilidade é, hoje em dia, uma questão indissociável do conceito de energia e do seu consumo. Com efeito, tem havido uma preocupação cada vez maior em utilizar fontes de energias renováveis face à grande tendência em utilizar combustíveis fósseis devido ao impacte ambiental destes. A Figura 67 mostra a relação entre a energia consumida no mundo de origem fóssil, face à parcela referente a fontes de energia renováveis.

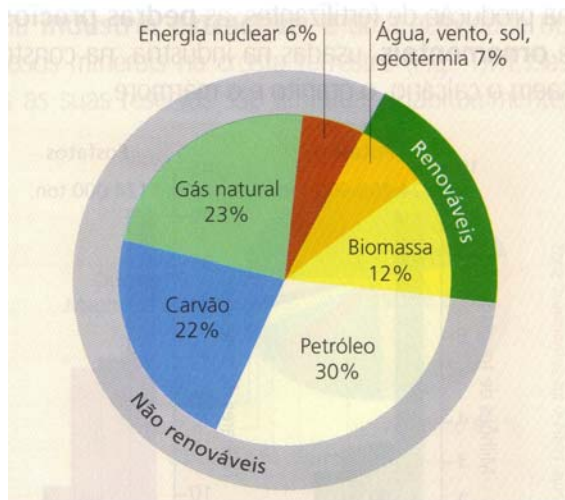


Figura 67 – Consumo de energia no mundo

Esta implementação de renováveis, nomeadamente em edifícios deve ser uma meta a atingir. Para tal, foram criadas medidas legais para a sua inclusão em edifícios a construir como os decretos-lei 78/2006 e 80/2006. Porém, antes de considerar a incorporação de fontes de energia renováveis, devemos ter a preocupação de otimizar os consumos de energia em que o edifício incorre, através da utilização racional de energia. O conforto do utilizador é um parâmetro de grande importância visto promover o bom desempenho da actividade e maior produtividade. Assim, este factor não deve ser descurado na tentativa de atingir uma situação energética mais favorável.

A gestão de energia tem a sua origem nesta problemática da sustentabilidade, sendo um meio para otimizar consumos e melhorar a eficiência energética, assim como as condições de conforto do utilizador no edifício. A nível de edifícios já existentes, só após se ter exaurido as oportunidades de melhoria de eficiência energética e de utilização racional da energia é que devem ser consideradas medidas para implementar fontes renováveis.

Em relação a trabalhos futuros, seria interessante a análise a motores eléctricos, visto não ter sido possível efectuar esse estudo no curto período em que o projecto foi efectuado. Seria também importante efectuar medições dos níveis de iluminância no complexo hoteleiro de forma a perceber se os níveis mínimos recomendados são respeitados, assim como o acompanhamento da implementação das medidas identificadas para os dois casos de estudo. Outra recomendação para trabalhos futuros seria a de obter formação em outras áreas como climatização ou transporte vertical, analisando os diferentes sistemas energéticos envolvidos, e o seu comportamento em edifícios.

Com efeito, a gestão de energia é um tema multidisciplinar, envolvendo uma grande diversidade de sistemas energéticos, e deve a longo termo, evoluir para o acompanhamento de todos estes sistemas energéticos existentes num edifício, assim como da sua interacção com o utilizador, do ponto de vista de conforto.

Para que o gestor de energia possa executar o seu trabalho de forma correcta, tem, pois, que ter a formação adequada. Esta formação tem que incidir sobre diversos temas (como iluminação, climatização ou transporte vertical, entre outros), sendo pois necessário bastante tempo de forma a adquirir os conhecimentos adequados, a nível de conceitos técnicos dos diferentes sistemas energéticos e de conforto do utilizador. É também necessário ter em atenção aspectos de comunicação e postura social, visto o objectivo da gestão de energia não ser apenas o de identificar irregularidades, mas sim o de trazer benefício à instalação, através da correcção destas irregularidades. Este facto nem sempre é perceptível para os responsáveis pela instalação.

É também importante receber a formação necessária para poder analisar toda a informação que lhe possa facilitar o trabalho, como análise de plantas de projectos ou tratamento de facturas. O gestor deve ser uma pessoa com olhar crítico que consiga identificar pontos de consumo excessivo face às necessidades, situações irregulares em que haja um mau aproveitamento da energia, impedindo o utilizador de executar a sua tarefa da melhor forma possível. O gestor deve também estar atento a possíveis situações de bom aproveitamento de energia e eficiência, de forma a poder replicá-los na instalação em causa.

8. Referências

- [1] <http://www.scribd.com/doc/12906958/Relatorio-Brundtland-Nosso-Futuro-Comum-Em-Portugues>
- [2] **Manual de Boas Práticas de Eficiência Energética**, BCSD Portugal, Coimbra 2005
- [3] <http://www.dgge.pt>
- [4] <http://www.eia.doe.gov/>
- [5] **Eficiência Energética nos Edifícios**, Direcção Geral de Energia, Fevereiro 2002
- [6] **Undertaking an Industrial Energy Survey – Good Practice Guide** 316, NIFES Consulting Group, Fevereiro 2002
- [7] **Rede de Edifícios Energeticamente Eficientes – Conceitos e Orientações**, Projecto REDENE
- [8] Payne, Gordon, A.; **Managing Energy in Commerce and Industry**, Butterworth & Co, 1984
- [9] Thumann, Albert; **Handbook of Energy Audits**, The Fairmont Press, inc, Atlanta, Georgia, 2ª Edição,
- [10] **Manual do Gestor de Energia em Edifícios**, Centro para a Conservação de Energia
- [11] **The IESNA Lighting Handbook, Reference and Application**, 9ª Edição, U.S.A. New York, 2000
- [12] Benya, James et al; **Advanced Lighting Guidelines**, New Building Institute, Inc. , 2003
- [13] **Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings: ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1**, SI Edition, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta 2004
- [14] Wulfinghoff, Donald R; **Energy Efficiency Manual** , Energy Institute Press, Wheaton Maryland U.S.A.,1999
- [15] **Lighting – CIBSE Commissioning Code L**,Page Bros. Ltd U.K, 2003
- [16] **Energy Efficiency in Buildings – Cibse Guide F**, Page Bros. Ltd U.K,2004
- [17] <http://www.lighting.philips.com>, iluminação

- [18] <http://www.prof2000.pt/>
- [19] <http://www.itise.pt/>
- [20] www.fe.up.pt/~arminio
- [21] **Lampadas e acessórios – Tabela de Preços Base Maio 2008**, Philips
- [22] Gaspar, Carlos; **Manual do Curso de Iluminação Eficiente**, Publindustria Edições Técnicas, Julho 2008
- [23] <http://queencapital.us/lampballast.html>
- [24] **Lighting catalog - Lamp Specification and Application Guide 2008–2009**, Philips
- [25] **Catálogo de Iluminação Geral**, OSRAM
- [26] http://europa.eu/index_pt.htm
- [27] <http://www.portal-energia.com>
- [28] <http://www.celma.org>
- [29] Fettes, J.L., The Handbook of Lighting Surveys and Audits , CRC Press, 1998
- [30] <http://www.nessie.pt/>
- [31] Francisco, António; **Motores Eléctricos**, Edições Técnicas e Profissionais, 2ª edição, Julho 2009
- [32] <http://www.estv.ipv.pt/PaginasPessoais/eduardop/>
- [33] <http://paginas.fe.up.pt/~ee02060/MIT.html>
- [34] <http://www.cemep.org/>
- [35] **Tecnologia de accionamento eficiente**; Nord DriveSystems PTP, Lda., 2009
- [36] Ferreira, João de Jesus; Ferreira, Tereza de Jesus; **Economia e Gestão de Energia**; Texto Editora, 1994
- [37] Roth, W. Kurt; Westphalen, John; Hamilton, D. Sefhir; Goetzler, William; **Energy Consumption Characteristics of Commercial Building HVAC Systems Volume III: Energy Savings Potential**; Building Technologies Program, Cambridge, Julho 2002
- [38] www.ademe.fr
- [39] Carvalhido, António; **Utilização Racional de Energia – Manual de Procedimentos para PME's**; Associação Industrial do Minho
- [40] Decreto-lei 58/80 de 26 Fevereiro 1982

Anexos

Anexo 1:

NÍVEIS DE ILUMINÂNCIA RECOMENDADOS PARA ILUMINAÇÃO INTERIOR

CIE – Comissão Internacional de Iluminação - 2001

Type of interior, task or activity	\overline{E}_m lux	UGR_L	R_a	Remarks
1. General building areas				
Entrance halls	100	22	60	
Lounges	200	22	80	
Circulation areas and corridors	100	28	40	At exits and entrances provide a transition zone and avoid sudden changes.
Stairs, escalators, travelators	150	25	40	
Loading ramps/bays	150	25	40	
Canteens	200	22	80	
Rest rooms	100	22	80	
Rooms for physical exercise	300	22	80	
Cloakrooms, washrooms, bathrooms, toilets	200	25	80	
Sick bay	500	19	80	
Rooms for medical attention	500	16	90	T_{cp} at least 4000 K
Plant rooms, switch gear rooms	200	25	60	

Type of interior, task or activity	\overline{E}_m lux	UGR_L	R_a	Remarks
Post room, switchboard	500	19	80	
Store, stockrooms, cold store	100	25	60	200 lux if continuously occupied
Dispatch packing handling areas	300	25	60	
Control station	150	22	60	200 lux if continuously occupied
2. Agriculture building				
Loading and operating of goods handling equipment and machinery	200	25	80	
Building for livestock	50	28	40	
Sick animal pens, calving stalls	200	25	80	
Feed preparation, dairy, utensil washing	200	25	80	
3. Bakeries				
Preparation and baking	300	22	80	
Finishing, glazing, decorating	500	22	80	
4. Cement, concrete, & bricks industry				
Drying	50	28	20	Safety colours shall be recognisable.
Preparation of materials, work on kilns and mixers	200	28	40	
General machine work	300	25	80	For high-bay: see also clause 4.6.2.
Rough forms	300	25	80	For high-bay: see also clause 4.6.2.
5. Ceramics and glass industry				
Drying	50	28	20	
Preparation, general machine work	300	25	80	For high-bay: see also clause 4.6.2.
Enamelling, rolling, pressing, shaping simple parts, glazing, glass blowing	300	25	80	For high-bay: see also clause 4.6.2.
Grinding, engraving, glass polishing, shaping precision parts, manufacture of glass instruments	750	19	80	For high-bay: see also clause 4.6.2.
Decorative work	500	19	80	
Grinding of optical glass, crystal hand grinding and engraving, work on average goods	750	16	80	
Precision work e.g decorative grinding, hand painting	1000	16	90	T_{cp} at least 4000 K
Manufacture of synthetic precious stones	1500	16	90	T_{cp} at least 4000 K
6. Chemicals, plastics and rubber industry				
Remote operated processing installations	50		20	Safety colours shall be recognisable.
Processing installations with limited manual intervention	150	28	40	
Constantly manned work places in processing installations	300	25	80	
Precision measuring rooms, laboratories	500	19	80	
Pharmaceutical production	500	22	80	
Tyre production	500	22	80	
Colour inspection	1000	16	90	T_{cp} at least 6500 K
Cutting, finishing, inspection	750	19	80	

Type of interior, task or activity	\overline{E}_m lux	UGR_L	R_a	Remarks
10. Hairdressers				
Hairdressing	500	19	90	
11. Jewellery manufacturing				
Working with precious stones	1500	16	90	T_{cp} at least 4000 K
Manufacture of jewellery	1000	16	90	
Watch making (manual)	1500	16	80	
Watch making (automatic)	500	19	80	
12. Laundries and dry cleaning				
Goods in, marking and sorting	300	25	80	
Washing and dry cleaning	300	25	80	
Ironing, pressing	300	25	80	
Inspection and repairs	750	19	80	
13. Leather industry				
Work on vats, barrels, pits	200	25	40	
Fleshing, skiving, rubbing, tumbling of skins	300	25	80	
Saddlery work, shoe manufacture stitching, sewing, polishing, shaping, cutting, punching	500	22	80	
Sorting	500	22	90	T_{cp} at least 4000 K
Leather dyeing (machine)	500	22	80	
Quality control	1000	19	80	
Colour inspection	1000	16	90	T_{cp} at least 4000 K
Shoe making	500	22	80	
Glove making	500	22	80	
14. Metal working and processing				
Open die forging	200	25	60	
Drop forging, welding, cold forming	300	25	60	
Rough and average machining: tolerances > 0,1 mm	300	22	60	
Precision machining: grinding: tolerances < 0,1 mm	500	19	60	
Scribing; inspection	750	19	60	
Wire & pipe drawing shapes	300	25	60	
Plate machining >5mm	200	25	60	
Sheet metalwork <5mm	300	22	60	
Tool making; cutting equipment manufacture	750	19	60	
Assembly:				
- rough	200	25	80	For high-bay: see also clause 4.6.2.
- medium	300	25	80	For high-bay: see also clause 4.6.2.
- fine	500	22	80	For high-bay: see also clause 4.6.2.
- precision	750	19	80	For high-bay: see also clause 4.6.2.
Galvanising	300	25	80	For high-bay: see also clause 4.6.2.
Surface preparation and painting	750	25	80	
Tool, template and jig making, precision mechanics, micro-mechanics	1000	19	80	
15. Paper industry				
Pulp mills, edge runners	200	25	80	For high-bay: see also clause 4.6.2.
Paper manufacture and processing, paper and corrugating machines, cardboard manufacture	300	25	80	For high-bay: see also clause 4.6.2.

Type of interior, task or activity	\overline{E}_m lux	UGR_L	R_a	Remarks
Standard book binding work, e.g. folding, sorting, gluing, cutting, embossing, sewing	500	22	60	
16. Power stations				
Fuel supply plant	50	28	20	Safety colours shall be recognisable.
Boiler house	100	28	40	
Machine halls	200	25	80	For high-bay: see also clause 4.6.2.
Auxiliary rooms, e.g. pump rooms, condenser rooms, switchboard, etc.	200	25	60	
Control rooms	500	16	80	1. Control panels are often vertical. 2. Dimming may be required. 3. For VDT work see clause 4.10.
17. Printers				
Cutting, gilding, embossing, block engraving, work on stones and platens, printing machines, matrix making	500	19	80	
Paper sorting and hand printing	500	19	80	
Type setting, retouching, lithography	1000	19	80	
Colour inspection in multi-coloured printing	1500	16	90	T_{cp} 5000 K
Steel and copper engraving	2000	16	80	For directional light see clause 4.5.2.
18. Iron and steel works				
Production plants without manual intervention	50	28	20	Safety colours shall be recognisable.
Production plants with occasional manual operation	150	28	40	
Production plants with continuous manual operation	200	25	80	For high-bay: see also clause 4.6.2.
Slab store	50	28	20	Safety colours shall be recognisable.
Furnaces	200	25	20	Safety colours shall be recognisable.
Mill train, collar, shear line	300	25	40	
Control platforms, control panels	300	22	80	
Test, measurement and inspection	500	22	80	
Underfloor man sized tunnels belt sections, cellars etc.	50	28	20	Safety colours shall be recognisable.
19. Textile industry				
Workplace and zones in baths, bale opening	200	25	60	
Carding, washing, ironing, drawing, combing, sizing, card cutting, pre-spinning, jute and hemp spinning	300	22	80	
Spinning, plying, reeling, winding warping, weaving, braiding, knitting	500	22	80	Prevent stroboscopic effects.
Sewing, fine knitting, taking up stitches	750	22	90	
Manual design, drawing patterns	750	22	90	T_{cp} at least 4000 K
Finishing, dyeing	500	22	80	
Drying room	100	28	60	
Automatic fabric printing	500	25	80	
Burling, picking, trimming	1000	19	80	
Colour inspection, fabric control	1000	16	90	T_{cp} at least 4000 K
Invisible mending	1500	19	90	T_{cp} at least 4000 K

Type of interior, task or activity	\overline{E}_m lux	UGR_L	R_a	Remarks
Hat manufacturing	500	22	80	
20. Vehicle construction				
Body work and assembly	500	22	80	
Painting, spraying chamber, polishing chamber	750	22	80	
Painting: touch-up, inspection	1000	16	90	T_{cp} at least 4000 K
Upholstery manufacture (manned)	1000	19	80	
Final inspection	1000	19	80	
21. Wood working & furniture industry				
Automatic processing e.g. drying plywood manufacturing	50	28	40	
Steam pits	150	28	40	
Saw frame	300	25	60	Prevent stroboscopic effects.
Work at joiner's bench, gluing, assembly	300	25	80	
Polishing, painting, fancy joinery	750	22	80	
Work on wood working machines e.g. turning, fluting, dressing, rebating, grooving, cutting, sawing, sinking	500	19	80	Prevent stroboscopic effects.
Selection of veneer woods, maquetry, inlay work	750	22	90	T_{cp} at least 4000 K
Quality control	1000	19	90	T_{cp} at least 4000 K
22. Offices				
Filing, copying, circulation, etc.	300	19	80	
Writing, typing, reading, data processing	500	19	80	For VDT-work see clause 4.10.
Technical drawing	750	16	80	
CAD workstation	500	19	80	For VDT-work see clause 4.10.
Conference and meeting rooms	500	19	80	Lighting should be controllable.
Reception desk	300	22	80	
Archives	200	25	80	
23. Retailing				
Sales area small	300	22	80	
Sales area large	500	22	80	
Till area	500	19	80	
Wrapper table	500	19	80	
24. Restaurants and hotels				
Reception/cashier desk, porters desk	300	22	80	
Kitchen	500	22	80	
Restaurant, dining room, function room	200	22	80	The lighting should be designed to create intimate atmosphere.
Self-service restaurant	200	22	80	
Buffet	300	22	80	
Conference rooms	500	19	80	Lighting should be controllable.
Corridors	100	25	80	During night time lower levels are acceptable.
25. Places of entertainment				
Theatres & concert halls	200	22	80	
Multi purpose halls	300	22	80	

Type of interior, task or activity	\overline{E}_m lux	UGR _L	R _a	Remarks
Practice rooms, dressing rooms	300	22	80	Glare free mirror lighting for make-up required.
Museums (general)	300	19	80	Lighting to suit the display requirements, protect against radiation effects. See Museum Lighting Guide.
26. Libraries				
Bookshelves	200	19	80	
Reading area	500	19	80	
Counters	500	19	80	
27. Public car parks (indoor)				
In/out ramps (during the day)	300	25	40	Safety colours shall be recognisable.
In/out ramps (at night)	75	25	40	Safety colours shall be recognisable.
Traffic lanes	75	25	40	Safety colours shall be recognisable.
Parking areas	75	28	40	A high vertical illuminance increases recognition of peoples faces and therefore the feeling of safety.
Ticket office	300	19	80	1. Avoid reflections in the windows. 2. Prevent glare from outside.
28. Educational buildings				
Play school room	300	19	80	
Nursery class	300	19	80	
Nursery craft room	300	19	80	
Classrooms, tutorial rooms	300	19	80	Lighting should be controllable.
Classroom for evening classes and adults education	500	19	80	
Lecture hall	500	19	80	Lighting should be controllable.
Black board	500	19	80	Prevent specular reflections.
Demonstration table	500	19	80	In lecture halls 750 lux
Art and craft rooms	500	19	80	
Art rooms in art schools	750	19	90	T _{cp} > 5000K
Technical drawing rooms	750	16	80	
Practical rooms and laboratories	500	19	80	
Teaching workshop	500	19	80	
Music practice rooms	300	19	80	
Computer practice rooms	500	19	80	For VDT-work see clause 4.10.
Language laboratory	300	19	80	
Preparation rooms and workshops	500	22	80	
Student common rooms and assembly halls	200	22	80	
Teachers rooms	300	22	80	
Sports halls, gymnasiums and swimming pools	300	22	80	For public access facilities see CIE 58 - 1983 and CIE 62 - 1984.
29. Health care premises				
Waiting rooms	200	22	80	Illuminance at floor level
Corridors: during the day	200	22	80	Illuminance at floor level
Corridors: during the night	50	22	80	Illuminance at floor level
Day rooms	200	22	80	Illuminance at floor level
Staff office	500	19	80	
Staff rooms	300	19	80	
Wards				
- General lighting	100	19	80	Illuminance at floor level
- Reading lighting	300	19	80	
- Simple examination	300	19	80	
Examination and treatment	1000	19	90	
Night lighting, observation lighting	5	19	80	

Type of interior, task or activity	\overline{E}_m lux	UGR_L	R_a	Remarks
Bathrooms and toilets for patients	200	22	80	
Examination room general	500	19	90	
Ear and eye examination	1000		90	Local examination luminaire
Reading and colour vision test with vision charts	500	16	90	
Scanners with image enhancers and television systems	50	19	80	For VDT work see clause 4.10.
Dialysis rooms	500	19	80	
Dermatology rooms	500	19	90	
Endoscopy rooms	300	19	80	
Plaster rooms	500	19	80	
Medical baths	300	19	80	
Massage and radiotherapy	300	19	80	
Pre-op and recovery rooms	500	19	90	
Operating theatre	1000	19	90	
Operating cavity	Special			$\overline{E}_m = 10000 \text{ lux} - 100000 \text{ lux}$
Intensive care				
- General lighting	100	19	90	At floor level
- Simple examinations	300	19	90	At bed level
- Examination and treatment	1000	19	90	At bed level
- Night watch	20	19	90	
Dentists				
- General lighting	500	19	90	Lighting should be glare free for the patient.
- At the patient	1000		90	Local examination luminaire
- Operating cavity	5000		90	Values higher than 5000 lux may be required.
- White teeth matching	5000		90	$T_{\text{cp}} > 6000 \text{ K}$
Colour inspection (laboratories)	1000	19	90	$T_{\text{cp}} > 5000 \text{ K}$
Sterilisation rooms	300	22	80	
Disinfection rooms	300	22	80	
Autopsy rooms and mortuaries	500	19	90	
Autopsy table and dissecting table	5000		90	Values higher than 5000 lux may be required.
30. Airports				
Arrival and departure halls, baggage claim areas	200	22	80	For high-bay: see also clause 4.6.2.
Connecting areas, escalators, travelators	150	22	80	
Information desks, check-in desks	500	19	80	For VDT work see clause 4.10.
Customs and passport control desks	500	19	80	Vertical illuminance is important.
Waiting areas	200	22	80	
Luggage store rooms	200	28	60	
Security check areas	300	19	80	For VDT-work see clause 4.10.
Air traffic control tower	500	16	80	1. Lighting should be dimmable. 2. For VDT work see clause 4.10. 3. Glare from daylight should be avoided.
Air traffic rooms	500	16	80	1. Lighting should be dimmable. 2. For VDT work see clause 4.10.
Testing and repair hangars	500	22	80	For high-bay: see also clause 4.6.2.
Engine test areas	500	22	80	For high-bay: see also clause 4.6.2.
Measuring areas in hangars	500	22	80	For high-bay: see also clause 4.6.2.
Platforms and passenger subways (underpasses)	50	28	40	
Ticket hall and concourse	200	28	40	
Ticket and luggage offices and counters	300	19	80	

Anexo 2:

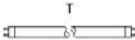
Potência do sistema lâmpada/balastro para diferentes tipos de lâmpadas fluorescentes operadas com balastros de diferentes classes.




CELMA

GUIDE for the application of Directive 2000/55/EC on energy efficiency requirements for ballasts for fluorescent lighting


Annex I - Ballast-lamp circuit falling within EU Directive 2000/55/EC

Lamp type	Iicos code	Lamp power		CLASS						
		50Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
	FD-15-E-G13-26/450	15W	13.5W	9W	16W	18W	21W	23W	25W	> 25W
	FD-18-E-G13-26/600	18W	16W	10,5W	19W	21W	24W	26W	28W	> 28W
	FD-30-E-G13-26/900	30W	24W	16,5W	31W	33W	36W	38W	40W	> 40W
	FD-36-E-G13-26/1200	36W	32W	19W	36W	38W	41W	43W	45W	> 45W
	FD-38-E-G13-26/1047	38W	32W	20W	38W	40W	43W	45W	47W	> 47W
	FD-58-E-G13-26/1500	58W	50W	29,5W	55W	59W	64W	67W	70W	> 70W
	FD-70-E-G13-26/1800	70W	60W	36W	68W	72W	77W	80W	83W	> 83W

EU 2000/55/EC Category 1

Lamp type	Iicos code	Lamp power		CLASS						
		50Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
	FSD-18-E-2G11	18W	16W	10,5W	19W	21W	24W	26W	28W	> 28W
	FSD-24-E-2G11	24W	22W	13,5W	25W	27W	30W	32W	34W	> 34W
	FSD-36-E-2G11	36W	32W	19W	36W	38W	41W	43W	45W	> 45W

EU 2000/55/EC Category 2


Lamp type	Iicos code	Lamp power		CLASS						
		50Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
	FSS-18-E-2G10	18W	16W	10,5W	19W	21W	24W	26W	28W	> 28W
	FSS-24-E-2G10	24W	22W	13,5W	25W	27W	30W	32W	34W	> 34W
	FSS-36-E-2G10	36W	32W	19W	36W	38W	41W	43W	45W	> 45W

EU 2000/55/EC Category 3


Lamp type	Iicos code	Lamp power		CLASS						
		50Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
	FSQ-10-E-G24q=1 FSQ-10-I-G24d=1	10W	9,5W	6,5W	11W	13W	14W	16W	18W	> 18W
	FSQ-13-E-G24q=1 FSQ-13-I-G24d=1	13W	12,5W	8W	14W	16W	17W	19W	21W	> 21W
	FSQ-18-E-G24q=2 FSQ-18-I-G24d=2	18W	16,5W	10,5W	19W	21W	24W	26W	28W	> 28W
	FSQ-26-E-G24q=3 FSQ-26-I-G24d=3	26W	24W	14,5W	27W	29W	32W	34W	36W	> 36W

EU 2000/55/EC Category 4

Annex I - Ballast-lamp circuit falling within EU Directive 2000/55/EC


Lamp type	Ilcos code	Lamp power		CLASS						
		50Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
	FSM-13-I-GX24d=1 FSM-13-E-GX24q=1	13W	12,5W	8W	14W	16W	17W	19W	21W	> 21W
	FSM-18-I-GX24d=2 FSM-18-E-GX24q=2	18W	16,5W	10,5W	19W	21W	24W	26W	28W	> 28W
	FSM-26-I-GX24d=3 FSM-26-E-GX24q=3	26W	24W	14,5W	27W	29W	32W	34W	36W	> 36W

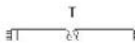
EU 2000/55/EC Category 5


Lamp type	Ilcos code	Lamp power		CLASS						
		50Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
	FSS-10-E-GR10q FSS-10-L/P/H-GR10q	10W	9W	6,5W	11W	13W	14W	16W	18W	> 18W
	FSS-16-I-GR8 FSS-16-E-GR10q FSS-16-L/P/H-GR10q	16W	14W	8,5W	17W	19W	21W	23W	25W	> 25W
	FSS-21-E-GR10q FSS-21-L/P/H-GR10q	21W	19W	12W	22W	24W	27W	29W	31W	> 31W
	FSS-28-I-GR8 FSS-28-E-GR10q FSS-28-L/P/L-GR10q	28W	25W	15,5W	29W	31W	34W	36W	38W	> 38W
	FSS-38-E-GR10q FSS-38-L/P/L-GR10q	38W	34W	20W	38W	40W	43W	45W	47W	> 47W

EU 2000/55/EC Category 6

Annex II - Ballast-lamp circuit not mentioned in Annex I of the EU Directive 2000/55/EC

Lamp type	Ilcos code	Lamp power		CLASS						
		50Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
	FSD-5-I-G23 FSD-5-E-2G7	5W	4,5W	4W	7W	8W	10W	12W	14W	> 14W
	FSD-7-I-G23 FSD-7-E-2G7	7W	6,5W	5W	9W	10W	12W	14W	16W	> 16W
	FSD-9-I-G23 FSD-9-E-2G7	9W	8W	6W	11W	12W	14W	16W	18W	> 18W
	FSD-11-I-G23 FSD-11-E-2G7	11W	11W	7,5W	14W	15W	16W	18W	20W	> 20W

Lamp type	Ilcos code	Lamp power		CLASS						
		50Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
	FD-4-E-G5-16/150	4W	3,4W	3,5W	6W	7W	9W	11W	13W	> 13W
	FD-6-E-G5-16/225	6W	5,1W	4W	8W	9W	11W	13W	15W	> 15W
	FD-8-E-G5-16/300	8W	6,7W	5W	11W	12W	13W	15W	17W	> 17W
	FD-13-E-G5-16/525	13W	11,8W	8W	15W	16W	17W	19W	21W	> 21W

Lamp type	Ilcos code	Lamp power		CLASS						
		50Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
	FC-22-E-G10q-29	22W	19W	12W	22W	24W	28W	30W	32W	32W
	FC-32-E-G10q-29	32W	30W	18,5W	35W	37W	38W	40W	42W	42W
	FC-40-E-G10q-29	40W	32W	19,5W	37W	39W	46W	48W	50W	50W

Annex III - New ballast-lamp circuit not mentioned in Annex I of the EU Directive 2000/55/EC - Lamps operated only in High Frequency

Lamp type	Ilcos code	HF Lamp power	CLASS						
			A1	A2	A3	B1	B2	C	D
T5-E	FDH-1_-G5-L/P-16/550	14W	9,5W	17W	19W				
	FDH-_1-G5-L/P-16/850	21W	13W	24W	26W				
	FDH-__-G5-L/P-16/550	24W	14W	26W	28W				
	FDH-_8-G5-L/P-16/1150	28W	17W	32W	34W				
	FDH-35-G5-L/P-16/1_50	35W	21W	39W	42W				
	FDH-39-G5-L/P-16/850	39W	23W	43W	46W				
	FDH-_9-G5-L/P-16/1_50	49W	29W	55W	58W				
	FDH-5_-G5-L/P-16/1150	54W	31,5W	60W	63W				
	FDH-80-G5-L/P-16/1150	80W	47,5W	88W	92W				
	FDH-95-GX5-L/P-16/1150	95W	56.5W	105W	113W				
	FDH-1_0-GX5-L/P-16-1_50	120W	71W	133W	142W				

Lamp type	Ilcos code	HF Lamp power	CLASS						
			A1	A2	A3	B1	B2	C	D
T5-C	FCH-__-L/P-_GX13-16	22W	14W	26W	28W				
	FCH-_0-L/P-_GX13-16	40W	24W	45W	48W				
	FCH-55-L/P-_GX13-16	55W	32,5W	61W	65W				
	FCH-60-L/P-_GX13-16	60W	35W	66W	70W				

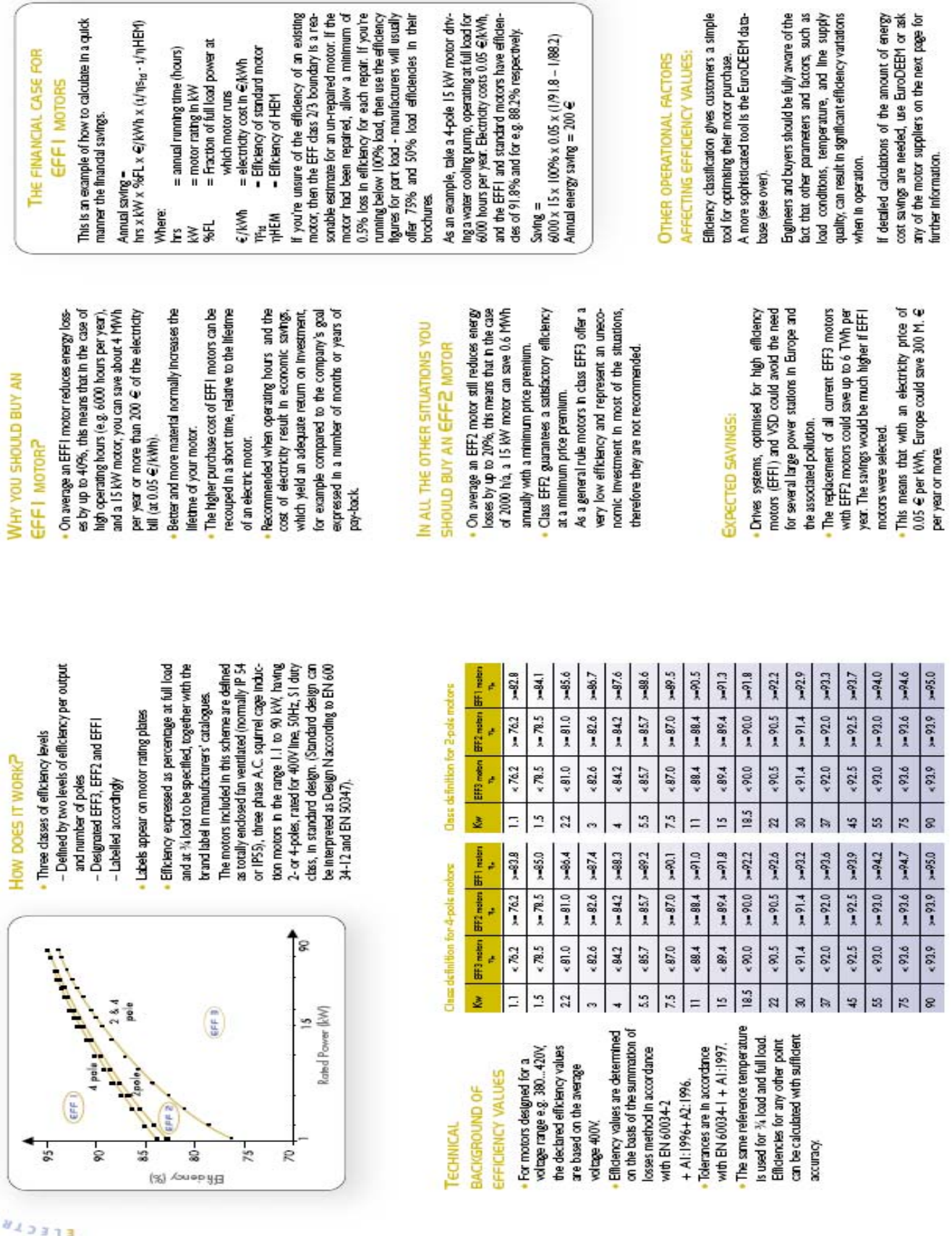
Lamp type	Ilcos code	HF Lamp power	CLASS						
			A1	A2	A3	B1	B2	C	D
TC-LE	FSDH-_0-L/P-_G11	40W	24W	45W	48W				
	FSDH-55-L/P-_G11	55W	32,5W	61W	65W				
	FSDH-80-L/P-_G11	80W	47,5W	88W	92W				

Lamp type	Ilcos code	HF Lamp power	CLASS						
			A1	A2	A3	B1	B2	C	D
TC-TE	FSMH-3_-L/P- _GX_q=3	32W	19,5W	36W	39W				
	FSMH-_-L/P- _GX_q=	42W	25W	47W	50W				
	FSM6H-5_-L/P- _GX_q=5 FSM8H-5_- L/P- GX_q=5	57W	33,5W	63W	67W				
	FSM6H-_0-L/P- _GX_q=6 FSM8H-_0- L/P- GX_q=6	70W	41W	77W	82W				
	FSM6H-60-L/P-_G8=1	63W	37,5W	70W	75W				
	FSM6H-85-L/P-_G8=1	87W	51,5W	96W	103W				
	FSM6H-1_0-L/P-_G8=1 FSM8H-1_0-L/P-_G8=1	122W	72W	135W	144W				

Lamp type	Ilcos code	HF Lamp power	CLASS						
			A1	A2	A3	B1	B2	C	D
TC-DD	FSSH-55-L/P-GR10q	55W	32,5W	61W	65W				

Anexo 3:

Eficiência de motores eléctricos em função da sua classificação CEMEP e potência nominal



Anexo 4:

Controlo

Edifício NET

Tabela XXX – Controlo existente por tipologia no edifício NET

Tipologia							
Escritórios	Salas industriais	Arquivo/DIT/PIB	Circulações	Bar	Garagem	WC's	Auditório
Manual através de interruptores (2), o zonamento é adequado, sendo possível controlar separadamente as luminárias perto das janelas e as mais afastadas. Presença de iluminação natural (janelas)	Manual, 4 interruptores cada um controlando uma zona específica (2 luminárias intercaladas por linha)	Manual através de interruptores (2), o zonamento é adequado, sendo possível controlar separadamente as luminárias perto das janelas e as mais afastadas	Automático através de sensores de iluminação natural e movimento (automatic off temporizado), o zonamento existente permite o controlo de luminárias intercaladas (2 em 2)	Manual, iluminação geral e controlada no quadro eléctrico, zona por cima do balcão e controlada por um interruptor	Automático através de sensores de presença e iluminação natural que controlam todas as luminárias	Manual através de interruptores	Manual através de comando que permite a regulação de fluxo e controlo independente de cada luminária.

Complexo Hoteleiro

Tabela XXXI – Controlo existente por tipologia no Hotel 1

	Tipologia	Potência Instalada [kW]	%	Controlo
Hotel 1	Quartos	103,09	65,0%	Controlo manual pelo cliente, sujeito à inserção de cartão
	Circulações	36,83	23,2%	Controlo horário na GTC, com controlo independente de 2 circuitos (sanca e downlight), e independente entre pisos, estando a sanca sempre OFF e downlights com horário Porém, zonas que dispõem de iluminação natural não têm possibilidade de controlo automático (aproveitamento de daylight)
	Zona Técnica	6,52	4,1%	Controlo horário na GTC (24h ON), excepto para armazéns, rouparia, economato e sala quadro onde o controlo é manual O zonamento não está de acordo com iluminação natural
	Restaurante	2,86	1,8%	Controlo horário na GTC (24h ON)
	Piscina/Ginásio	2,63	1,7%	Piscina: horário na GTC (18h as 2h) ; ginásio: horário na GTC (5h30 a 1h) O zonamento não está de acordo com iluminação natural, Porém, no caso da piscina, é possível controlar separadamente 2 circuitos (sanca e downlights)
	Outros	6,57	4,1%	Controlo horário na GTC, zonamento não está de acordo com iluminação natural Salas Reunião têm controlo manual c/ capacidade de regulação (manual ou pré-programado), sendo possível o controlo separado de 2 circuitos (sanca e downlights)

Tabela XXXII – Controlo existente por tipologia no Hotel 2

	Tipologia	Potência Instalada [kW]	%	Controlo
Hotel 2	Quartos	86,23	54,6%	Controlo manual pelo cliente, sujeito à inserção de cartão
	Circulações	51,25	32,5%	Controlo horário na GTC, com controlo independente de 2 circuitos (sanca e downlight), e independente entre pisos, estando a sanca sempre OFF e downlights com horário Porém, zonas que dispõem de iluminação natural não têm possibilidade de controlo automático (aproveitamento de daylight)
	Zona Técnica	11,51	7,3%	Horário na GTC: cozinha (5h30 a 1h ON); balneários de funcionários (24h ON) Controlo manual para zonas técnica propriamente dita (armazéns, zonas de depósitos de acumulação, distribuição de AF e AQ, escritório), à excepção das escadas técnicas, controladas por sensor de ocupação
	Restaurante	6,03	3,8%	Controlo manual dependente do horário de funcionamento do restaurante. Possibilidade de regulação de fluxo dos downlights, assim como da sanca, porém, as luminárias perto das janelas (candeeiros) não dispõem de controlo independente nem regulação, ficando On no horário de funcionamento
	Outros	2,78	1,8%	Controlo horário na GTC: refeitório (7h-14h30;19h-21h ON); WC's (24h ON); circulações piso-1 (24h ON, com 50% das luminárias OFF)

Tabela XXXIII – Controlo existente por tipologia no Hotel 3

	Tipologia	Potência Instalada [kW]	%	Controlo
Hotel 3	Quartos	38,99	36,3%	Controlo manual pelo cliente, sujeito à inserção de cartão
	Circulações	48,08	44,8%	Controlo horário na GTC, com controlo independente de 2 circuitos (sanca e downlight), e independente entre pisos, estando a sanca sempre OFF e downlights com horário Porém, zonas que dispõe de iluminação natural não têm possibilidade de controlo automático (aproveitamento de daylight)
	Zona Técnica	10,12	9,4%	Horário na GTC (24h/dia) à excepção das escadas técnicas (s/daylight), controladas por sensor ocupação, ofício e rouparia (s/daylight; manual 2h/dia). Balneários (s/daylight; manual 4h/dia), e zona de deposito (s/daylight; manual 1h/dia). Zonamento tal que não permite o controlo independente das luminárias perto de janelas, no "átrio técnico"(zona que dá acesso às escadas)
	Salas Conferencia	9,26	8,6%	<u>Sala conferencia:</u> Controlo manual, capacidade de regulação de fluxo manual ou por pré-programação, porem não permite o controlo separado das luminárias perto das janelas(iluminação natural) <u>Troia Kids:</u> Controlo temporizado na GTC (7h as 22h30), zonamento permite o controlo alternado das sancas (2em2) e independente da iluminação directa, porem não permite o controlo em função da iluminação natural <u>Business Center:</u> Controlo horário na GTC

				<p>(18h as 3h ON), s/ iluminação natural</p> <p><u>Sala Leitura</u>: controlo horário na GTC (18h as 3h ON), zonamento permite controlo independente da iluminação de sanca e da iluminação directa,</p> <p>Lâmpadas incandescentes com capacidade de regulação de fluxo. Zonamento não permite o controlo das luminárias perto das janelas</p>
	Outros	0,85	0,8%	<p>WC's públicos: horário na GTC (24h ON)</p> <p>WC's funcionários: manual (estimado 2h/dia)</p>

Anexo 5:

Distribuição da potência instalada em iluminação por tipologia de uso no complexo hoteleiro.

Hotel 1:

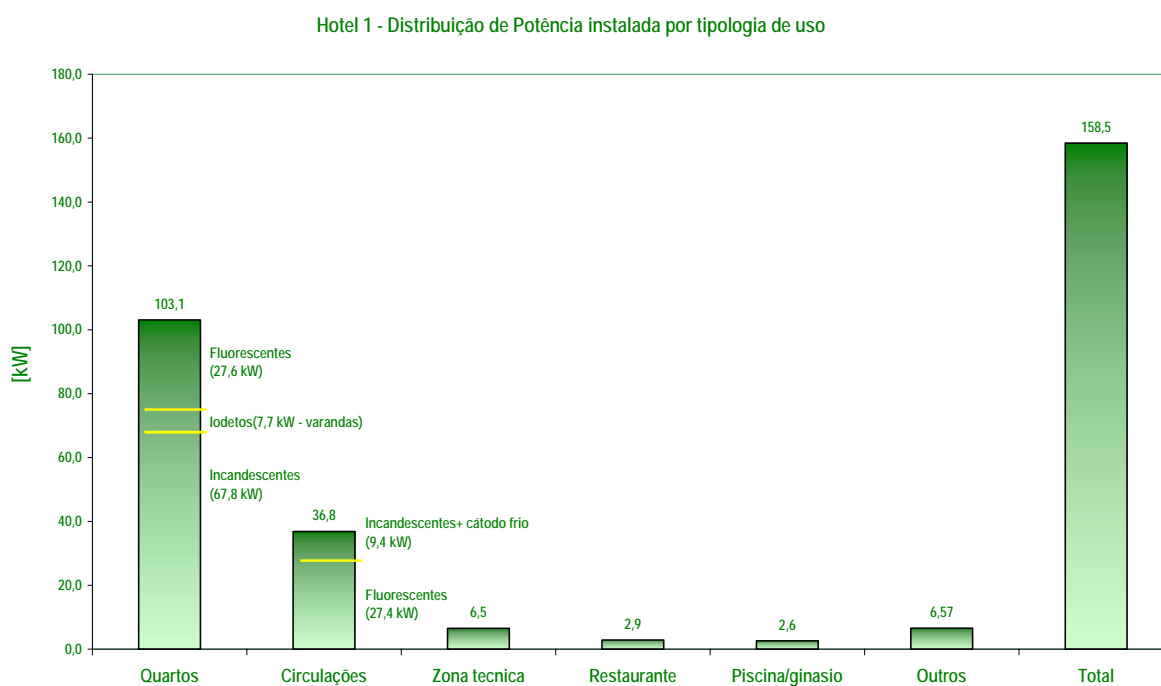


Figura LXVIII – Distribuição de Potência por tipologia de uso no Hotel 1

Hotel 2:

Hotel 2 - Distribuição de Potência instalada por tipologia de uso

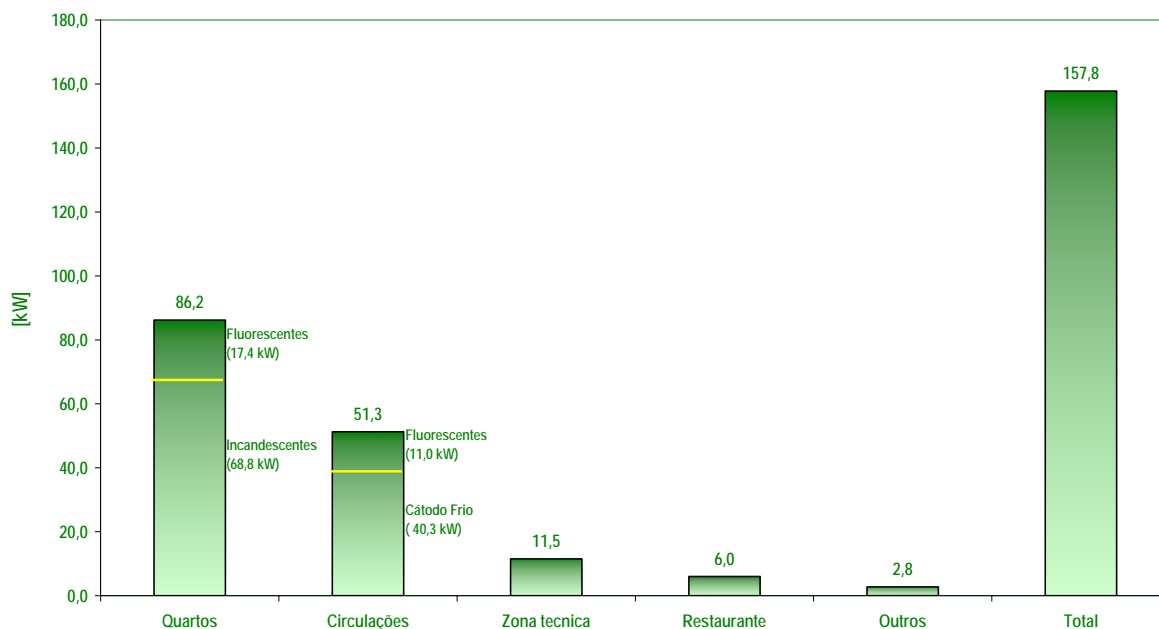


Figura LXIX – Distribuição de Potência por tipologia de uso no Hotel 2

Hotel 3:

Hotel 3- Distribuição de Potência instalada por tipologia de uso

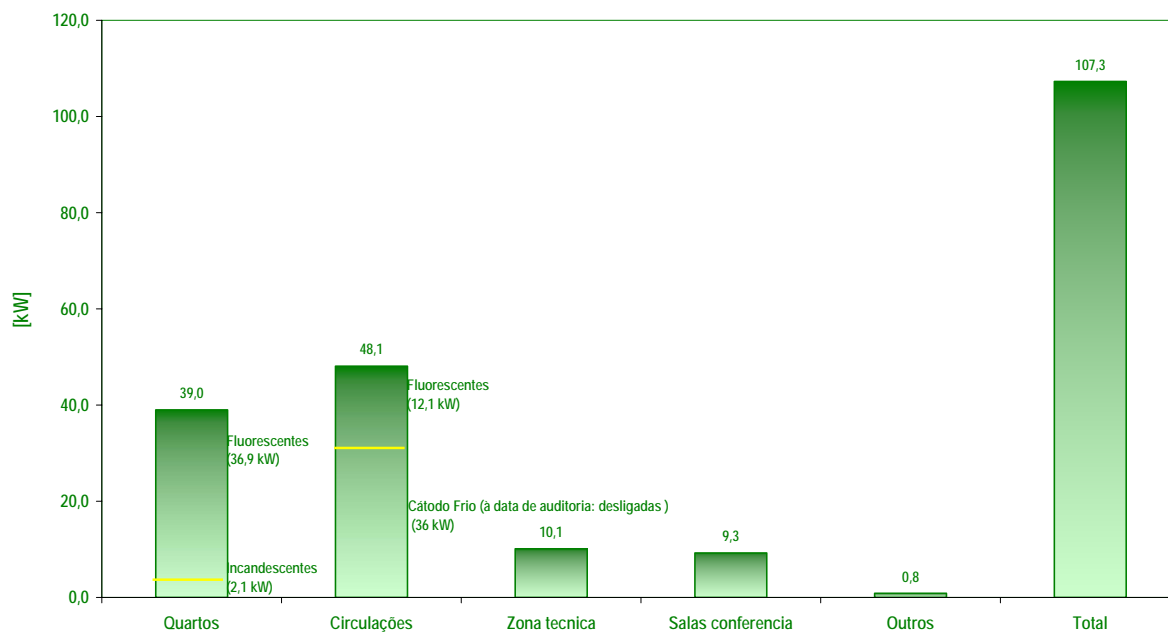


Figura LXX – Distribuição de Potência por tipologia de uso no Hotel 3

Embasamento:

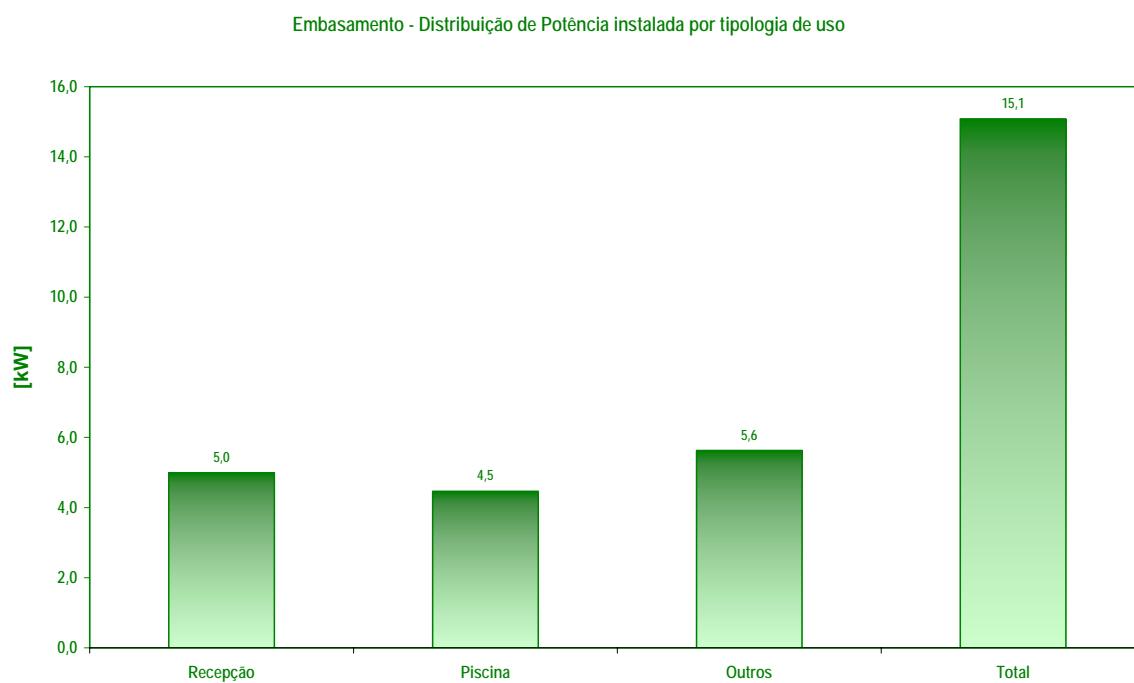


Figura LXXI – Distribuição de Potência por tipologia de uso no Embasamento